

27489/H/06

TUGAS AKHIR
LL 1327



**ANALISA PENGARUH SUDUT PADA SUBMERGED
BREAKWATER BENTUK SEGITIGA
TERHADAP REDAMAN GELOMBANG DENGAN FLOW 3D**



Rsk
627.24
kus
4-1
2006

Oleh :

DINA KUSTINANINGRUM
4301.100.021

**JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA**

2006

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	20-7-06
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	225556

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PENGARUH SUDUT PADA SUBMERGED BREAKWATER BENTUK SEGITIGA TERHADAP REDAMAN GELOMBANG DENGAN FLOW 3D



DINA KUSTINANINGRUM

4301.100.021

**Surabaya,.....
Mengetahui/Menyetujui**

Pembimbing


Dr. HARYO D. ARMONO, S.T. MSc

NIP. 132 133 973


Ketua Jurusan Teknik Kelautan


Ir. IMAM ROCHANI, MSc

NIP. 131 417 209

Abstrak

Oleh: Dina Kustinaningrum
Dosen Pembimbing: Dr. Haryo Dwito Armono S.T. M.Eng

Submerged breakwater adalah bangunan pelindung pantai dimana seluruh strukturnya tercelup air atau berada dibawah permukaan air. Penelitian ini merupakan studi untuk mengetahui redaman gelombang yang terjadi pada submerged breakwater bentuk segitiga. Simulasi model numerik 2 dimensi dilakukan dengan mengaplikasikan kondisi batas yang mempresentasikan wave tank dan breakwater bentuk segitiga. Adapun dimensi wave tank, data gelombang model fisik breakwater bentuk segitiga serta parameter lain diperoleh dari penelitian sebelumnya. Untuk validasi model numerik, data tinggi gelombang pecah model fisik digunakan sebagai pembandingan antara keluaran model numeric dan fisik. Setelah tervalidasi, model digunakan untuk mengetahui nilai gelombang transmisi yang dihasilkan oleh breakwater bentuk segitiga dengan menggunakan sudut yang berbeda dan membandingkannya untuk mendapatkan hasil redaman yang terbesar. Adapun untuk mengetahui pengaruh wave steepness dilakukan perubahan pada tinggi gelombang dan periodenya. Dari hasil perbandingan tersebut, sudut segitiga yang besar akan memberikan redaman yang lebih besar.

Kata-kata kunci: *Submerged breakwater* bentuk segitiga, *wave tank*, gelombang transmisi

Abstract

By: Dina Kustinaningrum
Under Supervision: Dr. Haryo Dwito Armono S.T. M.Eng

Submerged breakwater is a structure that protect the shore which all part of the structure is in the water or under water surface. The purpose of this final project is to study the wave attenuation occurs on the triangle-shaped submerged breakwater. Two dimensional numerical model simulation is constructed by applying boundary condition representing the wave tank and a triangle-shaped breakwater. The wave tank dimension and other data was obtained from previous study. To validate the numerical model, the wave breaker height of the numerical model are compared to the wave breaker height from physical model. After validation, the numerical model will be used to investigate the wave transmission over various angle of triangle-shaped breakwater and compared to get the most attenuate structure. From the comparison the steeper angle of the triangle-shaped will give the most wave attenuation.

Key words: Submerged breakwater triangle-shaped, wave tank, transmission wave.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah segala puji dan syukur ke hadirat Allah SWT atas segala kesempatan, kemudahan, karunia, rahmat, rizki serta hidayahNya yang telah diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Hanya dengan izin dan rahmad-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul **“Analisa Pengaruh Sudut Pada Submerged Breakwater Bentuk Segitiga Terhadap Redaman Gelombang Dengan Flow 3D”**

Dalam pengerjaan tugas akhir ini penulis tidak terlepas dari bantuan serta dorongan moral maupun materi dari banyak pihak baik yang secara langsung maupun tidak langsung. Kepada bapak Dr. Haryo Dwito Armono S.T. M.Eng selaku dosen pembimbing TA atas segala bimbingan, fasilitas dan kebaikan yang telah diberikan selama penulis menyelesaikan tugas akhir ini, Bapak Ir. Imam Rochani, MSc selaku ketua Jurusan Teknik Kelautan FTK – ITS dan bapak Ir. Handayanu, MSc, PhD sebagai sekretaris Jurusan Teknik Kelautan FTK – ITS dan pada kesempatan ini pula penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak dan Mama tercinta yang telah memberikan kasih sayang dan perhatian yang tulus serta do'a yang senantiasa mengiringi penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini.
2. Kakak-kakakku, Mas Iman, Mas Opiek, Mbak Mira, Mas Mamad, Mbak Novie, Mbak Ela, Mbak Lia serta adikku Sigit, yang selalu memberikan kehangatan dan kasih sayang.
3. Untuk seseorang yang sangat aku sayangi yang selalu ada disisiku disaat-saat terburuk dan terindah dalam hidupku, Dhani Sindu Prasetyo atas segala pengertian, kasih sayang dan cinta tulusnya serta senyum terindah dihari-hari terberatku. I love you so much.
4. Sahabat terdekatku Bu Silvianita, atas kasih sayang, semangat serta saran-sarannya dan selalu ada untukku (ayo semangat buat sekolah S2 dan S3 di Petronas, jangan lupa pulang ke Indonesia ya!)

5. Sahabatku Shanti Anastasia, terimakasih atas support dan pinjaman komputernya serta canda tawamu yang menghangatkan hatiku, kamu selalu bersamaku dengan cara yang unik namun mengikat hatiku dengan persahabatan yang tulus.
6. Ridasmika, atas keikhlasan dan pengorbanan untuk memberikan hal terindah dalam hidupku. Terimakasih.
7. Dhoni Eko Cahyadi, atas masukan serta supportnya.
8. Teman-teman seperjuangan 2001, terima kasih atas semangat serta saran dan canda tawa selama menempuh perkuliahan di kampus tercinta ini, Fandi (thanks ya atas saran serta semangatnya!!!).
9. Teman-teman 2002, Danang (yang selalu mengingatkanku akan perjuangan hidup serta kepasrahan kepada Allah), Doe, Ritsma, Astrid, Lila
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan semuanya.
11. Pegawai T. Kelautan ITS : Bu Lis, Pak Teguh, Pak Man, Pak Tomo, Mas Joko, Mas Arif (lab Flume tank), Mas Suhud (lab Komp)

Penulis menyadari bahwa dalam pengerjaan dan penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran membangun dari pihak lain. Akhir kata penulis berharap tugas akhir ini dapat ikut mendukung kemajuan dunia pendidikan khususnya di bidang pantai..

Wassalamualaikum Wr.Wb.

Surabaya, Juli 2006

Dina Kustinaningrum

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR NOTASI	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	2
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.2 Dasar Teori	9
2.2.1 Submerged Breakwater	11
2.2.2 Gelombang	12
2.4.3 Pemodelan dengan Flow 3D	26
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Tahapan-tahapan dari Metodologi Penelitian	29
3.2 Langkah Pengerjaan	30
3.3 Alur Metodologi Penelitian	31
3.4 Pengumpulan Data	32

3.4.1 Data untuk Validasi Model	32
3.3.2 Data untuk Analisa Pengaruh Sudut terhadap Redaman Gelombang	33
3.5 Pemodelan Software Flow 3D	33
 BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Validasi Model Numerik	39
4.2 Hasil Pemodelan Gelombang Transmisi	41
4.2 Analisa Pengaruh Wave Steepness	45
 BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	48
 DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pengaruh Bentu Breakwater terhadap Tinggi Gelombang Transmisi	7
Tabel 2.2 Hasil Penelitian Model Fisik	9
Tabel 3.1 Ukuran Sudut pada Breakwater untuk Validasi	33
Tabel 3.2 Ukuran Sudut pada Breakwater	33
Tabel 4.1 Nilai H_b pada Breakwater untuk Validasi	40
Tabel 4.2 Nilai Koefisien Transmisi dengan Nilai $H_i = 0,092$ m	44
Tabel 4.3 Data Input untuk Analisa Pengaruh Wave Steepness terhadap Redaman Gelombang	45
Tabel 4.4 Nilai Koefisien Transmisi	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Submerged Breakwater bentuk Reefball	5
Gambar 2.2 Macam-macam Bentuk Submerged Breakwater	6
Gambar 2.3 Wave Tank	8
Gambar 2.4 Bentuk Segitiga dari Breakwater	8
Gambar 2.5 Karakteristik Gelombang di Daerah Pantai	10
Gambar 2.6 Submerged Breakwater	11
Gambar 2.7 Profil Gelombang	15
Gambar 2.8 Wave Steepness	15
Gambar 2.9 Bentuk Gerakan Partikel di Berbagai Kedalaman	17
Gambar 2.10 Energi Gelombang	18
Gambar 2.11 Refleksi Gelombang	20
Gambar 2.12 Lintasan Partikel Air pada Gelombang	21
Gambar 2.13 Proses Gelombang Pecah	22
Gambar 2.14 Spilling, Plunging, Collapsing and Surging	23
Gambar 2.15 Transmisi Gelombang	24
Gambar 2.16 Gelombang Transmisi pada Submerged Breakwater dan Overtopping Structure oleh Para Peneliti.	25
Gambar 3.1 Alur Metodologi Penelitian	31
Gambar 3.2 Breakwater	32
Gambar 3.3 Flow 3D	34
Gambar 3.4 Hasil Output Kerapatan Grid pada Flow 3D	34
Gambar 3.5 Letak Titik Pengambilan Data	35
Gambar 3.6 Prepin pada Flow 3D	36
Gambar 3.7 Tools untuk Mengatur Output Flow 3D	37
Gambar 3.8 Proses Running Program Flow 3D	37
Gambar 3.4 Hasil Output Kerapatan Grid pada Flow 3D	34
Gambar 4.1 Bentuk Segitiga Validasi Model	39
Gambar 4.2 Perbandingan Nilai Tinggi Gelombang Pecah terhadap Besar Sudut Breakwater antara Model Fisik dan Model Numerik	40
Gambar 4.3 (a) Bentuk Gelombang Pecah pada Penelitian Sebelumnya dan	

(b) Pemodelan Numerik Breakwater	41
Gambar 4.4 Konfigurasi Bentuk Breakwater pada Analisa Pengaruh Sudut terhadap Redaman Gelombang	42
Gambar 4.5 Gelombang Pecah pada Breakwater Sudut 25 derajat	43
Gambar 4.6 Gelombang Pecah pada Breakwater Sudut 30 derajat	43
Gambar 4.7 Gelombang Pecah pada Breakwater Sudut 50 derajat	43
Gambar 4.8 Gelombang Pecah pada Breakwater Sudut 60 derajat	43
Gambar 4.9 Gelombang Pecah pada Breakwater Sudut 75 derajat	44
Gambar 4.10 Perbandingan Besar Sudut Breakwater terhadap Koefisien Transmisi	45
Gambar 4.11 Perbandingan Nilai Koefisien Transmisi terhadap Wave Steepness	46



DAFTAR NOTASI

H_b	: Tinggi gelombang pecah
K_r	: Koefisien refleksi
u	: Kecepatan partikel air arah x
v	: Kecepatan partikel air arah y
C	: Kecepatan rambat gelombang
k	: Angka gelombang
σ	: Frekuensi gelombang
ρ	: Massa jenis air laut
E	: Energi gelombang
α	: Sudut yang umum
β	: Sudut segitiga dari breakwater
g	: Percepatan gravitasi
H_r	: Tinggi gelombang refleksi
H_i	: Tinggi gelombang datang
K_t	: Koefisien transmisi
λ	: Panjang gelombang
d	: Kedalaman perairan
T	: Periode gelombang
H	: Tinggi gelombang

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A : Input Pemodelan Flow 3D

LAMPIRAN B : Output Pemodelan Flow 3D

LAMPIRAN C : Lembar Asistensi dan SK Tugas Akhir

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Seiring dengan perkembangan ekonomi Indonesia yang lebih mengarah ke sektor kelautan maka kebutuhan akan lahan pantai dan prasarana pendukungnya semakin meningkat. Keadaan ini menyebabkan timbulnya banyak permasalahan di daerah pantai.

Permasalahan yang sering muncul salah satunya adalah erosi pantai yang terutama disebabkan oleh aktivitas gelombang laut. *Breakwater* merupakan salah satu bangunan pelindung pantai yang berfungsi untuk mengurangi energi gelombang pada suatu daerah tertentu. Bangunan ini biasanya dibuat untuk melindungi pelabuhan namun bangunan ini juga digunakan pula untuk melindungi daerah pantai terhadap gelombang. Bangunan ini bisa dibuat sejajar pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai.

Submerged breakwater adalah bangunan pelindung pantai dimana seluruh strukturnya tercelup air atau berada dibawah permukaan air. Penggunaan *submerged breakwater* ini mempunyai banyak keuntungan selain tidak menghalangi pemandangan dan mengurangi keindahan laut namun juga menghindarkan pantai dari erosi akibat hempasan gelombang laut.

Submerged breakwater umumnya menggunakan tipe *rubble mound* yaitu struktur yang terdiri dari lapisan batuan. Penggunaan pipa sebagai penahan gelombang juga sering digunakan namun tipe ini hanya cocok digunakan pada laut dangkal. Penggunaan beton atau bangunan solid dengan berbagai variasi bentuk merupakan salah satu pilihan yang sering diambil mengingat betapa ekonomis dan efisiennya tipe ini. Penelitian penggunaan beton dengan bentuk segitiga selama ini sangatlah sedikit, salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh

Smith dan Kraus (1990). Oleh sebab itu diperlukannya penelitian terhadap *submerged breakwater* bentuk segitiga dengan lebih lanjut tentang bagaimana pengaruh sudut segitiga ini terhadap redaman gelombang yang dihasilkan.

1.2 Perumusan Masalah

Sesuai dengan uraian penjelasan pada latar belakang penelitian ini maka perumusan masalahnya sebagai berikut :

1. Pengaruh sudut pada *submerged breakwater* bentuk segitiga terhadap redaman gelombang.
2. Segitiga sudut manakah yang lebih efektif dalam meredam gelombang.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai gelombang transmisi yang dihasilkan sehingga dapat diketahui *submerged breakwater* bentuk segitiga yang menghasilkan redaman lebih besar.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh sudut pada *breakwater* bentuk segitiga terhadap redaman yang dihasilkan.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Agar permasalahan yang akan dipecahkan tidak meluas maka batasan atau ruang lingkup penelitian sebagai berikut :

1. Model gelombang yang digunakan pada penelitian ini adalah secara 2 dimensi.
2. Menggunakan Gelombang Reguler
3. Hanya 3 buah sudut segitiga yang dianalisa
4. Kedalaman air konstan
5. Gesekan dasar laut (*bottom friction*) diabaikan.

6. Koefisien refleksi dan koefisien energi *loss* diabaikan dan yang digunakan hanya koefisien transmisi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 TINJAUAN PUSTAKA

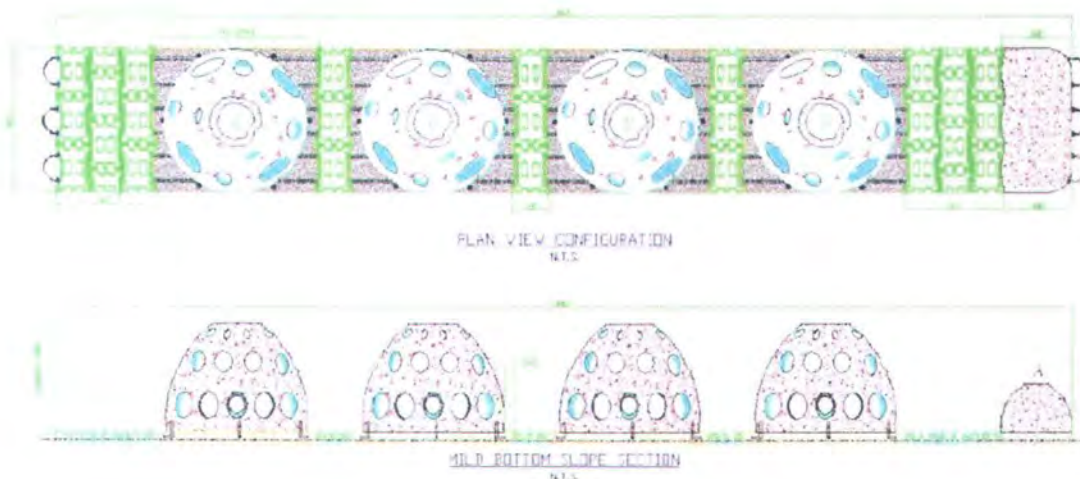
Seiring dengan banyaknya pemanfaatan wilayah pesisir untuk berbagai kepentingan, maka gangguan terhadap lingkungan pantai menjadi besar, oleh karena itu diperlukannya suatu perlindungan pantai yang tepat, salah satunya adalah breakwater. Dalam merencanakan design *breakwater* memerlukan suatu keputusan yang tepat, karena pemilihan dan evaluasi kondisi serta faktor gelombang sangat mempengaruhi kerja dari struktur serta berdampak pada lingkungan sekitarnya.

Menurut U.S. Army Corps of Engineers (1986), dalam merencanakan design *breakwater* membutuhkan pemahaman permasalahan, pengumpulan data dan evaluasi menyeluruh akan fakta-fakta pendukung di lapangan yang merupakan bagian dari *project design*. Langkah-langkah yang harus dilakukan antara lain :

1. Review *Engineer Regulation* dengan tepat yang berhubungan dengan breakwater, buku manual serta jurnal dan informasi lain yang telah dipublikasikan.
2. Pengumpulan dan analisa faktor yang mempengaruhi, serta data lingkungannya.
3. Melakukan survey lapangan
4. Memilih design rasional berdasarkan kondisi
5. Mengembangkan beberapa alternative *layout* dengan *annual cost*
6. Mengembangkan rencana operasional dan perawatan
7. Memilih rencana optimum yang ekonomis
8. Memperkirakan dampak lingkungan lainnya yang terjadi akibat pemasangan struktur breakwater pada area yang dianalisa
9. Mengembangkan rencana design yang dianjurkan berdasarkan analisa yang telah dilakukan.

Beberapa hal yang biasanya dipelajari dalam pembuatan *breakwater* yaitu *water level* dan *datum*, angin, gelombang, arus, struktur tanah, konstruksi material, kondisi es (daerah yang mempunyai musim dingin dan bersalju), perubahan garis pantai dan lain sebagainya. Karakteristik lingkungan yang berbeda-beda inilah yang membuat banyak penelitian untuk mendapatkan *breakwater* yang sesuai dengan kondisi pantai, lingkungan serta kegunaannya pada masing-masing daerah di muka bumi.

Penggunaan *submerged breakwater* telah banyak digunakan terutama di daerah pariwisata yang sangat mengutamakan keindahan pemandangan pantai sebagaimana yang telah dikerjakan di Maiden Island, Antigua dan 63rd Street, Miami Beach dengan menggunakan bentuk *reef ball* (www.reefball.com). Pada gambar dibawah ini merupakan desain konfigurasi dari *reefball* dimana bentuk keseluruhannya seperti kubah dengan tetap menggunakan *spece bar* untuk dapat lebih meredam gelombang. Pada *reefball* ini juga terdapat rongga-rongga untuk memberikan sirkulasi air yang banyak sehingga dapat lebih menunjang habitat ikan yang akan berkembang biak di sana. *Reefball* ini disusun berbaris-baris disepanjang pantai karena selain sebagai *breakwater*, *reefball* ini juga digunakan sebagai terumbu karang sehingga *reefball* ini juga dapat menjadi wisata air bagi para pengunjung di Maiden Island.

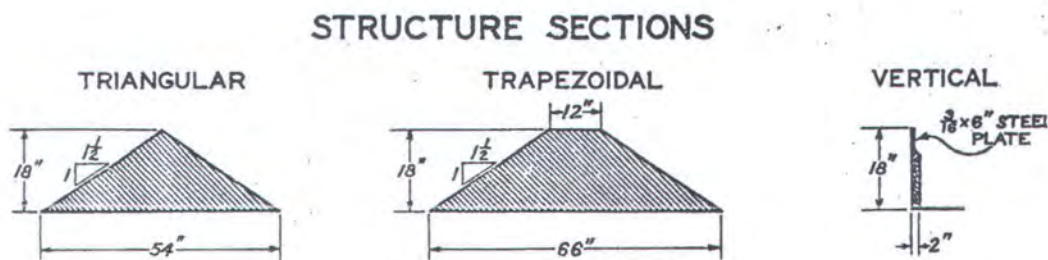


Gambar 2.1 Submerged Breakwater bentuk Reef Ball (www.reefball.com).

Bermacam-macam bentuk dari *submerged breakwater* telah dianalisa untuk mendapatkan penahan gelombang yang efektif dan sesuai dengan kebutuhan dari lokasi penempatan *breakwater* tersebut.

Submerged breakwater bentuk kubus rongga lebih efektif dan lebih menghasilkan sirkulasi dimana nilai intensitas turbulensi dan fluktuasi kecepatan arah x adalah $\theta = 4.25$ dan $u' = 14.64$ m/s, merupakan kondisi yang sesuai untuk habitat tempat tinggal ikan, daripada *submerged breakwater* bentuk kubah rongga (Akbar. 2005)

Adapun penelitian Graw (1994) *submerged breakwater* bentuk pelat yang diikat ke dasar laut dengan pemberat, memberikan perlindungan pantai dari gelombang pecah, namun tidak dapat mengurangi erosi pantai akibat aliran arus di dasar pantai.



Gambar 2.2 Macam-macam Bentuk Submerged Breakwater (U.S. Army Corps of Engineers, 1940)

Sedangkan pada bentuk *vertical wall* memberikan pengurangan energi gelombang yang lebih baik dari pada *submerged breakwater* bentuk *trapezoidal* dan *triangular*. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 dimana konfigurasi dimensi dari *submerged breakwater* digambarkan. Pada bentuk segitiga sama sisi mempunyai panjang alas 54 ft dan tinggi 18 ft. Pada bentuk trapesium, panjang alasnya 66 ft, tinggi 18 ft dengan panjang space barunya 12 ft. sedangkan pada bentuk vertical mempunyai lebar 2 ft dengan tinggi 18 ft. Pengurangan tinggi gelombang dan *wave action* pada pantai serta tanpa adanya perubahan bentuk pantai, memberikan *breakwater* ini sebagai pilihan yang sangat tepat untuk pelabuhan serta pantai pariwisata (U.S. Army Corps of Engineers, 1940)

Pada tabel dibawah ini merupakan data hasil gelombang yang teredam oleh *breakwater* bentuk segitiga, trapesium dan vertical dengan tinggi gelombang 6 ft dan kedalaman airnya 20 ft dan 27 ft. Pada kedalaman air 20 ft dengan tinggi gelombang 6 ft, *breakwater* bentuk segitiga memberikan redaman gelombang yang paling besar yaitu 3,9 sedangkan pada kedalaman 27 ft dengan panjang gelombang 6 ft, *breakwater* bentuk trapesium memberikan redaman yang paling besar yaitu 4,6.

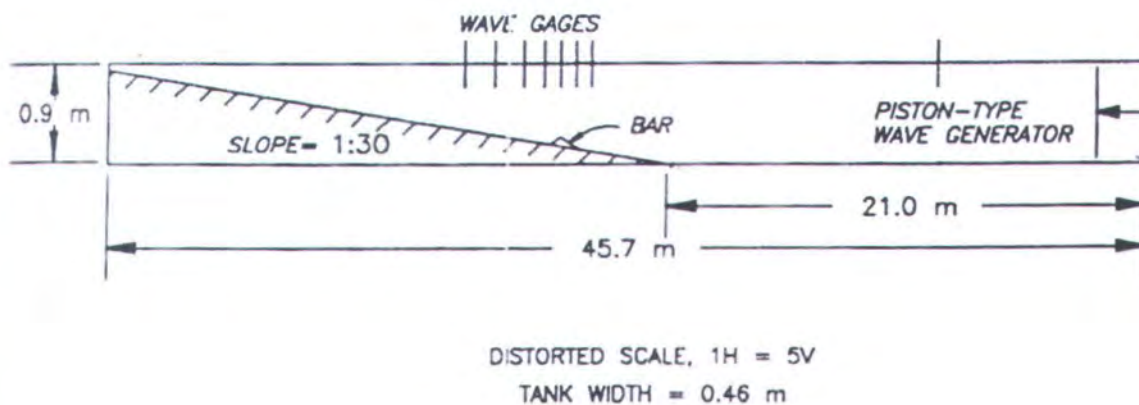
Tabel 2.1. Pengaruh Bentuk Breakwater terhadap Tinggi Gelombang Transmisi

Depth of water	Original Wave Height	Wave Reduced to		
		Vertical	Triangle	Trapezoid
20	6	3.6	3.9	3.7
27	6	4.2	4.4	4.6

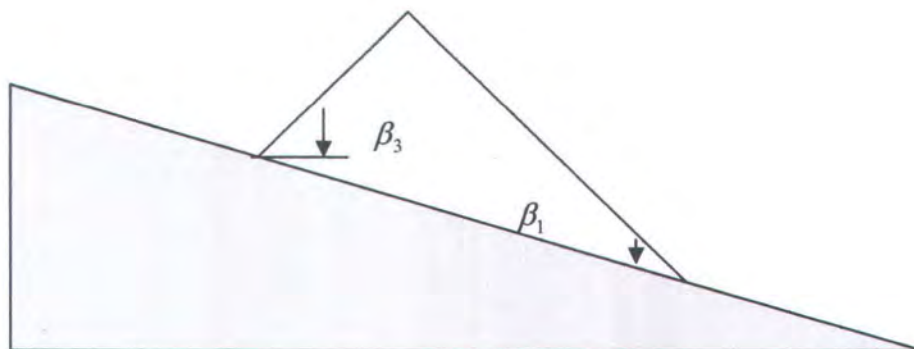
Sumber : U.S. Army Corps of Engineers, 1940

Suatu bangunan *breakwater* dikatakan efektif apabila energi gelombang transmisi lebih kecil dari pada energi gelombang datang. Adapun pengertian gelombang transmisi adalah sisa energi gelombang yang ada setelah melewati atau menembus suatu struktur *breakwater*. Bentuk pengurangan energi gelombang antara lain karena refleksi gelombang, gelombang pecah serta gesekan antara gelombang dan struktur yang ada di laut. Semakin besar koefisien gelombang transmisi maka gelombang yang teredam semakin kecil (U.S. Army Corps of Engineers, 1984)

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan Smith dan Kraus (1990), mengenai *submerged breakwater* bentuk segitiga dalam sebuah *wave tank* sebagai alat uji coba untuk mengetahui nilai gelombang pecah yang terjadi terhadap *breakwater* bentuk segitiga. Panjang dari *wave tank* adalah 150 ft, lebar 1,5 ft dengan tinggi 3 ft sebagaimana yang terlihat pada Gambar 2.3. Pembangkit gelombang terletak di sebelah kanan *wave tank*. Kemiringan dasar *wave tank* dimulai pada 21 m dari pembangkit gelombang sampai ujung kanan dari *wave tank* sedangkan letak dari titik pengambilan data berada di sekitar *breakwater*.



Gambar 2.3 Wave Tank (Smith and Kraus, 1990)



Gambar 2.4 Bentuk segitiga dari breakwater (Smith and Kraus, 1990)

Pada Gambar 2.4 ditunjukkan konfigurasi dari *breakwater* segitiga yang digunakan oleh Smith and Kraus (1990) di mana β_1 merupakan besar sudut segitiga depan atau sudut yang menghadap gelombang datang. β_1 merupakan sudut segitiga breakwater terhadap kemiringan *wave tank* sedangkan β_3 adalah sudut belakang di mana sudut ini adalah sudut segitiga *breakwater* terhadap garis lurus. Besar sudut serta besar nilai H dan T yang telah dimodelkan dalam model fisik antara lain dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut ini :

Tabel 2.2 Hasil Penelitian Model Fisik

Case	β_1 degree	β_3 degree	T second	Ho/Lo ft	Ho ft	Hb ft	Kr ft
2000	0	0	1.02	0.092	0.49	0.4	
2110	5	30	1.02	0.095	0.5	0.43	0.09
2120	9.5	30	1.02	0.095	0.51	0.45	0.17
2130	13.8	30	1.02	0.094	0.5	0.37	0.18

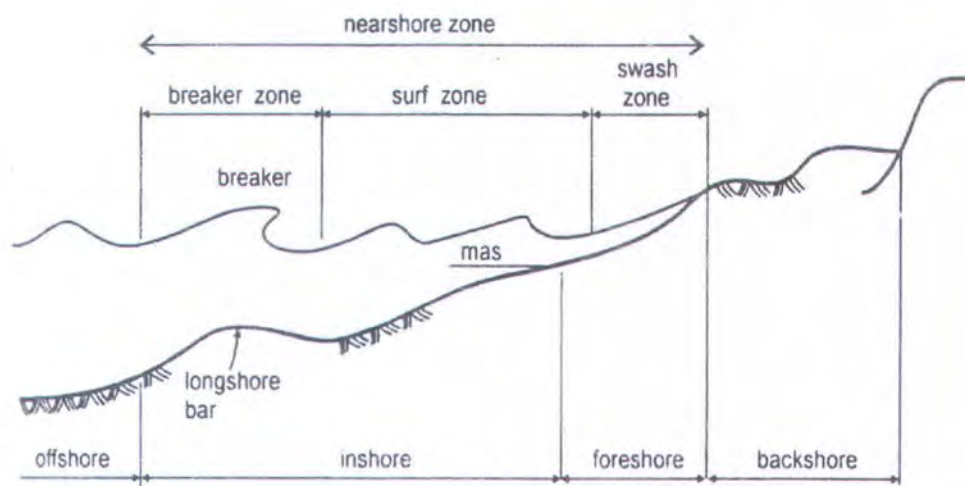
Sumber : Smith dan Krauss, 1990

Pada kasus 2000 merupakan kasus *wave tank* tanpa adanya *breakwater*, sedangkan kasus 2110 sampai 2130 adalah kasus *wave tank* dengan ada *breakwater* pada sudut dengan nilai β_1 dan β_2 . Besar nilai redaman dianalisa dengan berapa besarnya nilai refleksi gelombang yang dihasilkan oleh masing-masing *breakwater* dengan menghitung nilai Kr (koefisien refleksi). Pada Tugas Akhir ini nantinya mengacu pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Smith dan Kraus (1990), dengan mengubah-ubah sudut dari *breakwater* bentuk segitiga untuk diketahui nilai dari gelombang transmisinya. Validasi menggunakan nilai gelombang pecah dari Tabel 2.2 sedangkan besar nilai redaman dianalisa dengan menghitung nilai transmisi yang dihasilkan masing-masing *breakwater*.

2.2 DASAR TEORI

Ada dua istilah tentang kepantaian menurut Triadmodjo (1999) yaitu pesisir (*coast*) dan pantai (*shore*). Pesisir adalah daerah darat di tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut dan perembesan oleh air laut sedangkan pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah. Karakteristik gelombang di daerah pantai dapat dilihat pada Gambar 2.5 di mana *Offshore* adalah daerah dari gelombang pecah ke arah laut.. Garis gelombang pecah merupakan batas perubahan perilaku gelombang dan juga transpor sediment pantai.

Sedangkan daerah yang terbentang ke arah pantai dari garis gelombang pecah dibedakan menjadi tiga daerah yaitu *breaker zone*, *surf zone* dan *swash zone*. Daerah gelombang pecah (*breaker zone*) adalah daerah dimana gelombang yang datang dari laut mencapai ketidakstabilan dan pecah. *Surf zone* adalah daerah yang terbentang antara bagian dalam dari gelombang pecah dan batas naik turunnya gelombang dipantai. *Swash zone* adalah daerah yang dibatasi oleh garis batas tertinggi naiknya gelombang dan batas terendah turunnya gelombang di pantai.

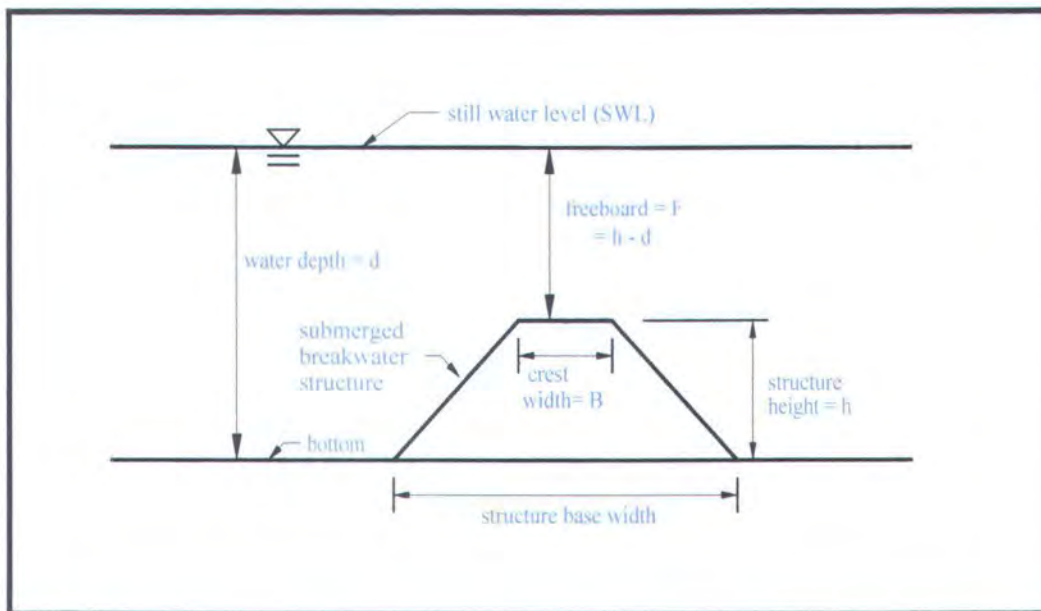


Gambar 2.5 Karakteristik Gelombang di Daerah Pantai (Triadmodjo, 1999)

Berdasarkan profil pantai, daerah ke arah pantai dari garis gelombang pecah dibagi menjadi tiga daerah yaitu *inshore*, *foreshore* dan *backshore*. Perbatasan antara *inshore* dengan *foreshore* adalah batas antara air laut pada saat muka air rendah dan permukaan pantai. *Foreshore* adalah daerah yang terbentang dari garis pantai pada saat muka air rendah sampai batas atas dari *uprush* pada saat air pasang tinggi. *Backshore* adalah daerah yang dibatasi oleh *foreshore* dan garis pantai yang terbentuk pada saat terjadi gelombang badai bersamaan dengan muka air tinggi.

2.2.1 Submerged Breakwater

Submerged breakwater adalah bangunan pelindung pantai dengan ambang terendam yang berfungsi untuk mengurangi energi gelombang pada suatu daerah tertentu. Bangunan ini biasanya dibuat untuk melindungi pelabuhan namun bangunan ini juga digunakan pula untuk melindungi daerah pantai terhadap gelombang. Bangunan ini bisa dibuat sejajar pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai. Pada gambar di bawah ini merupakan konfigurasi dari submerged breakwater, di mana *freeboard* adalah jarak antara *breakwater* dengan permukaan air, *crest width* merupakan lebar puncak *breakwater* dan kedalaman air adalah jarak antara permukaan air dengan dasar laut.



Gambar 2.6 Submerged Breakwater (Haris, 2000)

Breakwater dibagi menjadi 2 macam menurut letaknya sebagaimana diutarakan oleh U.S. Army Corps of Engineers (1984) yaitu :

a. *shore-connected*

Shore-connected (pemecah gelombang sambung pantai) adalah struktur yang melindungi daerah pantai, pelabuhan, anchorage atau basin (daerah sungai) dari hempasan gelombang dan erosi. Breakwater untuk keperluan navigasi dibangun untuk menciptakan air yang tenang di daerah pelabuhan dimana hal ini berguna dalam pengoperasian kapal, penambatan kapal serta untuk keperluan fasilitas pelabuhan lainnya.

Tipe yang biasa digunakan oleh breakwater jenis ini adalah rubble mound.

b. *offshore breakwater*

Offshore breakwater adalah suatu struktur yang dibangun di kedalaman air 1,5 m sampai 8 m. Kegunaan dari *offshore breakwater* ini sama dengan breakwater jenis *shore-connected*, yang membedakan hanyalah letaknya saja.

Tipe *offshore breakwater* ini juga biasa menggunakan *rubble mound*. Variasi lainnya menggunakan breakwater terapung, tapi menurut Hales (1981) jenis ini tidak dianjurkan untuk pantai terbuka karena memberikan sedikit pengurangan energi pada gelombang dengan periode yang lama. Pemilihan tipe *breakwater* pada jenis ini sangat mengutamakan faktor ekonomis karena membutuhkan material yang sangat banyak akibat kedalaman airnya.

2.2.2 Gelombang.

Gelombang dapat dibedakan menjadi beberapa macam berdasarkan gaya pembangkitnya yaitu gelombang angin yang dibangkitkan oleh tiupan angin dimana jika tiupan angin ini terakumulasi pada daerah yang luas dapat mengakibatkan gelombang yang memiliki panjang gelombang yang cukup besar, jenis yang kedua adalah gelombang pasang surut yang ditimbulkan oleh gaya tarikan benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap matahari, sedangkan jenis yang ketiga adalah gelombang tsunami yang disebabkan oleh letusan gunung berapi atau gempa dilaut selain itu juga terdapat gelombang yang diakibatkan oleh kapal yang bergerak dan lain sebagainya.

Gelombang yang ada di laut sangatlah kompleks karena ketidak-linerannya, tiga dimensi serta mempunyai bentuk yang acak (suatu deret gelombang mempunyai tinggi gelombang dan periode yang berbeda), sehingga memerlukan penyederhanaan dalam pemodelan numeris. Teori yang paling sederhana dalam menggambarkan gelombang di alam adalah teori gelombang linier atau teori gelombang Airy. Teori gelombang amplitudo kecil yang dikembangkan oleh Airy, mendasarkan pada anggapan bahwa tinggi gelombang sangat kecil terhadap panjangnya atau kedalaman airnya.

Asumsi-asumsi yang digunakan pada teori gelombang linier menurut U.S. Army Corps of Engineers (1984) adalah :

1. Zat cair adalah homogen dan tidak termampatkan, sehingga rapat massanya adalah konstan.
2. Tegangan permukaan diabaikan
3. Gaya Coriolis (akibat perputaran bumi) diabaikan
4. Tekanan pada permukaan air adalah seragam dan konstan
5. Zat cair adalah ideal, sehingga berlaku aliran tak rotasi
6. Dasar laut adalah horizontal, tetap dan impermiabel sehingga kecepatan vertical didasar adalah nol
7. Amplitudo gelombang kecil terhadap panjang gelombang dan kedalaman air.
8. Gerak gelombang berbentuk silinder yang tegak lurus arah penjararan gelombang sehingga gelombang adalah dua dimensi.

Gelombang linier diturunkan dari persamaan kontinuitas untuk aliran tak berotasi yaitu menggunakan persamaan Laplace

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} = 0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

dengan $u = \frac{\partial \phi}{\partial x}$ dan $v = \frac{\partial \phi}{\partial y}$



Kondisi batas didasar laut dari persamaan Laplace, kecepatan vertikalnya = 0

$$v = \frac{\partial \phi}{\partial y} = 0 \quad \text{di } y = -d \quad \dots\dots\dots(2)$$

Kondisi batas pada permukaan air diperoleh dari persamaan Bernoulli untuk aliran tak mantap

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + \frac{1}{2}(u^2 + v^2) + gy + \frac{p}{\rho} = 0 \quad \dots\dots\dots(3)$$

Bila persamaan tersebut dilinierkan, dengan mengabaikan u^2 dan v^2 pada permukaan $y = \eta$ serta mengambil tekanan dipermukaan adalah nol (tekanan atmosfer), maka persamaan Bernoulli menjadi :

$$\eta = -\frac{1}{g} \frac{\partial \phi}{\partial t} \Big|_{y=\eta} \quad \dots\dots\dots(4)$$

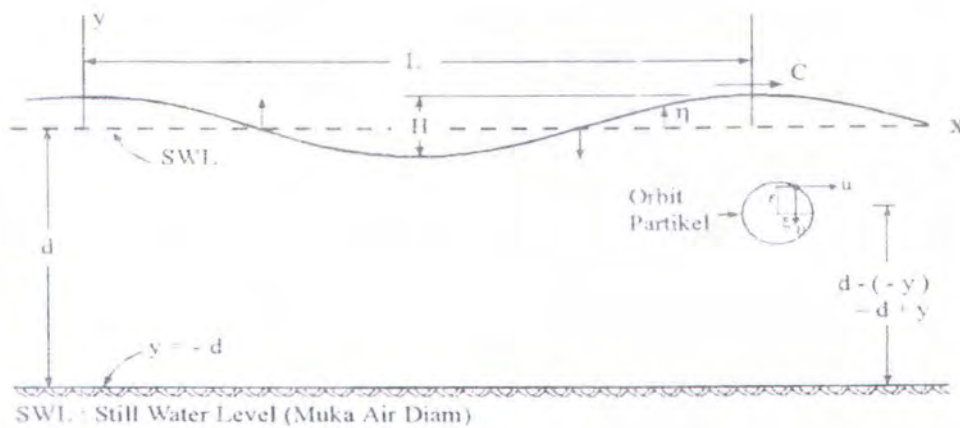
dengan anggapan bahwa gelombang adalah kecil terhadap kedalaman maka kondisi batas $y=0$ adalah sama dengan di $y = \eta$ maka,

$$\eta = -\frac{1}{g} \frac{\partial \phi}{\partial t} \Big|_{y=0} \quad \dots\dots\dots(5)$$

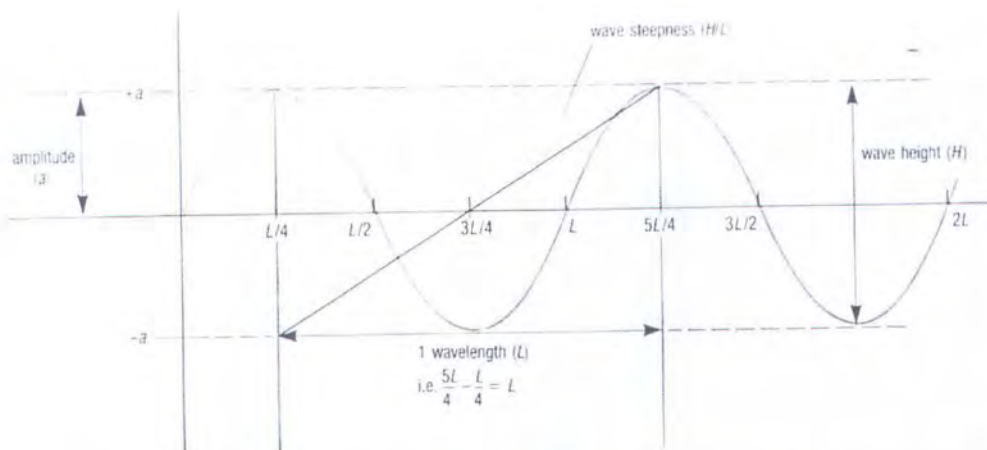
pengkombinasian kondisi batas dari permukaan dan mengeliminasi salah satu yang tidak diketahui, maka η menjadi :

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + g \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} = 0 \quad \Big|_{y=0} \quad \dots\dots\dots(6)$$

Panjang gelombang (L) adalah jarak antara dua puncak gelombang yang berurutan sedangkan periode gelombang (T) adalah interval waktu yang diperlukan oleh partikel air untuk kembali pada kedudukan yang sama dengan kedudukan sebelumnya sebagaimana yang terlihat pada Gambar 2.7 sehingga didapatkan kecepatan rambat gelombang adalah $C = L/T$ dan angka gelombang $k = 2\pi/L$.



Gambar 2.7 Profil Gelombang (Triadmodjo, 1999)



Gambar 2.8 Wave steepness (Open Univercity, 1989)

Wave steepness adalah perbandingan antara tinggi gelombang dan panjang gelombang (H/L). Frekuensi (σ) adalah jumlah puncak gelombang yang melalui satu titik dalam satu detik sehingga $\sigma = 2\pi/T$ yang di tunjukkan pada Gambar 2.8

Gelombang juga diklasifikasikan menurut kedalaman airnya pada 3 kategori yaitu gelombang air dangkal, gelombang air transisi dan gelombang air dalam. Batasan ketiga kategori tersebut didasarkan pada ratio antara kedalaman dan panjang gelombang (d/L).

1. Gelombang di laut dangkal jika $d/L \leq 1/20$

dengan nilai $\tanh(2\pi d/L) = 1.0$ maka

$$C_0 = \frac{gT}{2\pi} \quad \text{dan} \quad L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} \quad \dots\dots\dots(7)$$

dimana $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ sehingga nilai $L_0 = 1,56 T^2$

2. Gelombang di laut transisi jika $1/20 < d/L < 1/2$

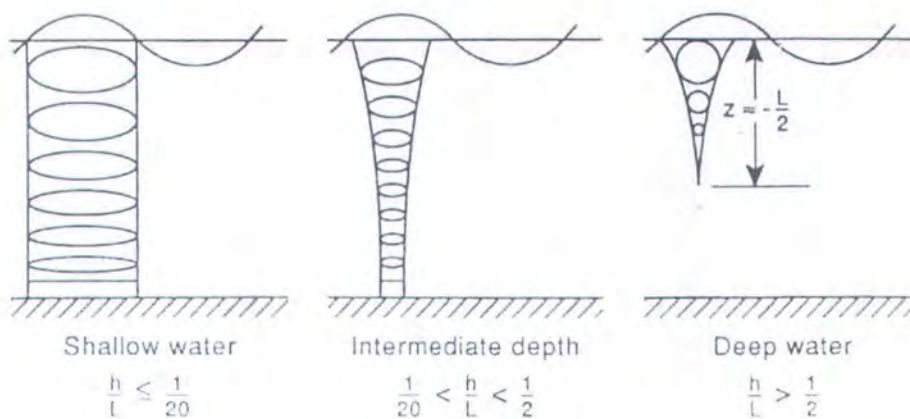
dengan nilai $\tanh(2\pi d/L) = 2\pi d/L$ maka

$$C = \sqrt{gd} \quad \text{dan} \quad L = \sqrt{gd} T = CT \quad \dots\dots\dots(8)$$

3. Gelombang di laut dalam jika $d/L \geq 1/2$

$$\text{Dengan nilai} \quad \frac{C}{C_0} = \frac{L}{L_0} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad \dots\dots\dots(9)$$

$$\text{dan} \quad \frac{d}{L_0} = \frac{d}{L} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad \dots\dots\dots(10)$$



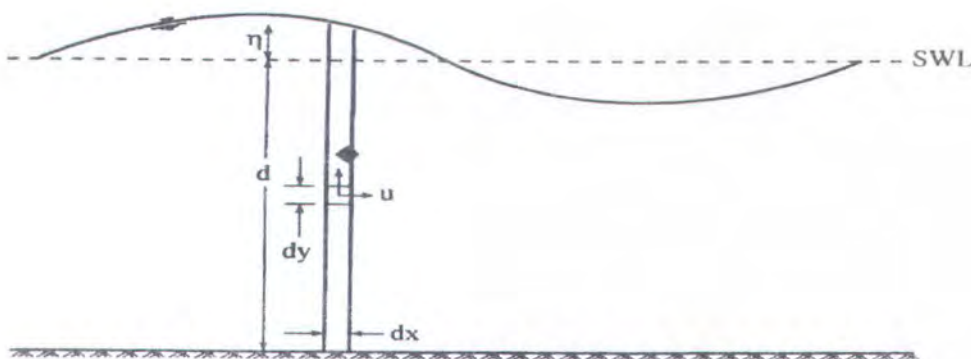
Gambar 2.9 Bentuk Gerakan Partikel di Berbagai Kedalaman Air
(Rahman, 1995)

Selama penjalaran gelombang dari laut dalam ke laut dangkal, orbit partikel mengalami perubahan bentuk seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.9. Orbit perpindahan partikel berbentuk lingkaran pada seluruh kedalaman di laut dalam. Di laut transisi dan dangkal, lintasan partikel berbentuk ellips. Semakin besar dalam kedalamannya, maka bentuk ellips semakin pipih dan pergerakan partikel di dasar laut adalah horizontal.

Gelombang yang menjalar diatas *submerged breakwater* sebagian energi akan dipantulkan, sebagian akan diteruskan atau ditransmisikan dan sisanya akan terdispersi atau hancur lewat pecahnya gelombang, kekentalan fluida, gesekan dasar laut dan lain-lain.

a. Energi Gelombang

Energi total gelombang adalah jumlah dari energi kinetik dan energi potensial gelombang dimana energi kinetik adalah energi yang disebabkan oleh kecepatan partikel air karena adanya gerak gelombang sedangkan energi potensial adalah energi yang dihasilkan oleh perpindahan muka air karena adanya gelombang (Triatmodjo,1999).



Gambar 2.10 Energi Gelombang (U.S. Army Corps of Engineers, 1984)

Untuk menurunkan persamaan energi gelombang seperti terlihat pada Gambar 2.10, besar energi kinetik adalah

$$\begin{aligned}
 dEk &= \frac{1}{2} dm V^2 \\
 &= \frac{1}{2} \rho dx dy (u^2 + v^2) \quad \dots\dots\dots(11)
 \end{aligned}$$

dengan menggunakan persamaan umum kecepatan dan percepatan zat cair yang kemudian disederhanakan maka didapatkan

$$Ek = \frac{\rho g H^2 L}{16} \quad \dots\dots\dots(12)$$

Apabila energi potensial dari gelombang dikurangi dengan energi potensial dari masa air diam seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.10, akan didapat energi potensial yang disebabkan oleh gerak gelombang. Dengan menggunakan dasar laut sebagai bidang referensi, energi potensial yang ditimbulkan oleh satu panjang gelombang tiap satu satuan lebar puncak gelombang maka energi potensial adalah

$$E_p = \int_0^L \rho g (d + \eta) \left(\frac{d + \eta}{2} \right) dx - \rho g L d \left(\frac{d}{2} \right) \dots\dots\dots(13)$$

Dengan mensibstitusi persamaan umum kecepatan dan percepatan zat cair yang kemudian disederhanakan maka didapatkan

$$E_p = \frac{\rho g H^2 L}{16} \dots\dots\dots(14)$$

Untuk teori gelombang airy atau teori gelombang amplitude kecil, jika energi potensial ditetapkan terhadap muka air diam dan semua gelombang menjalar dalam arah yang sama maka komponen energi potensial dan kinetik adalah sama sehingga didapatkan persamaan energi gelombang :

$$E = E_k + E_p \dots\dots\dots(15)$$

$$E = \frac{1}{8} \rho g H^2 \dots\dots\dots(16)$$

Pembagian besarnya energi tersebut tergantung dari karakteristik gelombang datang (periode, tinggi gelombang dan kedalaman air), tipe bangunan (permukaan halus atau kasar, *non overtopping* atau *overtopping*) dan geometri bangunan (kemiringan, elevasi, lebar puncak bangunan).

Pengurangan energi gelombang terjadi akibat adanya suatu penghalang. Energi gelombang ini sebanding dengan kuadrat tinggi gelombang seperti dituliskan pada persamaan (16) diatas.

b. Refleksi Gelombang

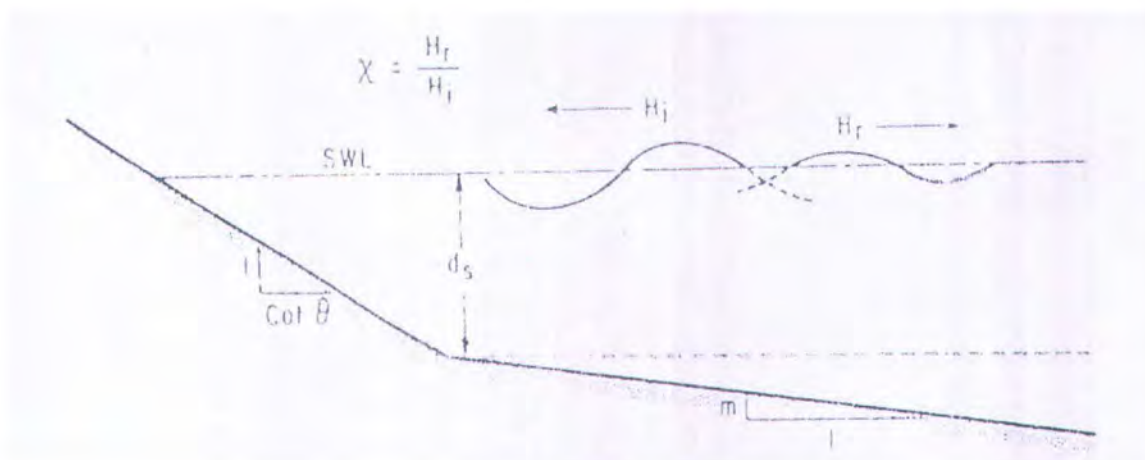
Gelombang datang yang mengenai atau membentur suatu rintangan atau struktur bangunan laut akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Suatu bangunan yang mempunyai sisi miring dan mempunyai permukaan kasar akan bisa menyerap energi gelombang lebih besar dibandingkan dengan bangunan tegak dan massif sesuai dengan Gambar 2.11. Besar kemampuan suatu bangunan memantulkan gelombang diberikan oleh koefisien refleksi

$$Kr = \frac{H_r}{H_i} \quad (\text{Smith and Kraus, 1990}) \quad \dots\dots\dots(17)$$

dimana :

H_r = Tinggi Gelombang Refleksi

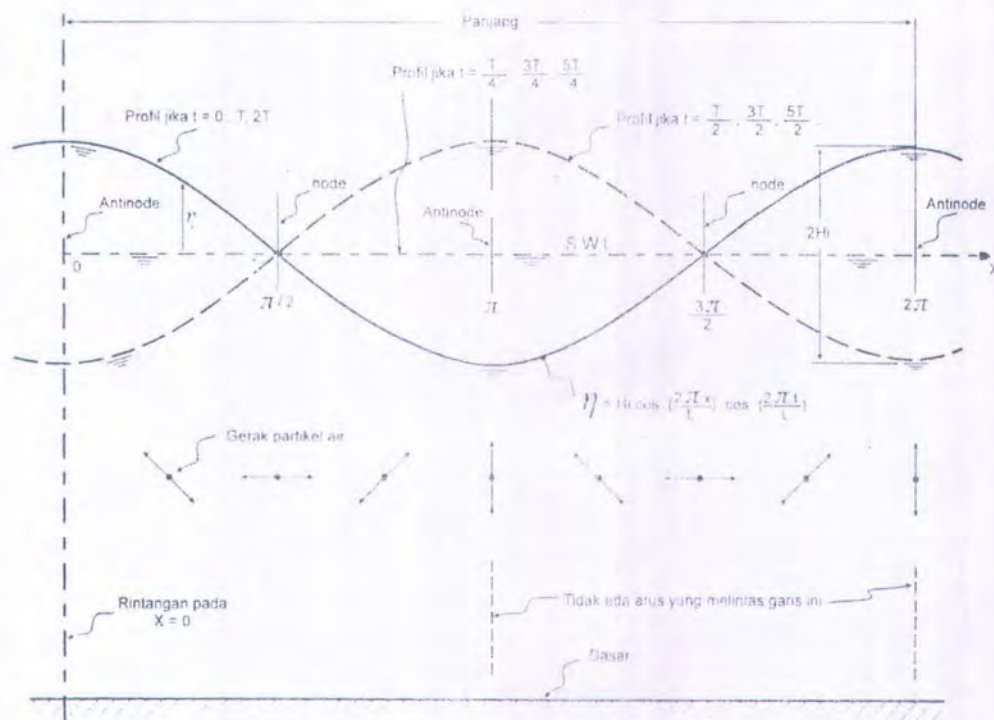
H_i = Tinggi Gelombang Datang



Gambar 2.11 Refleksi Gelombang (U.S. Army Corps of Engineers, 1984)

Ada beberapa titik (nodes) pada profil dimana muka air selalu berada pada SWL untuk semua nilai t dan titik-titik lain (antinodes) dimana fluktuasi muka air adalah $2H$ atau dua kali tinggi gelombang. Kecepatan partikel air pada titik di bawah nodes selalu horizontal, sedangkan di bawah antinodes selalu vertical,

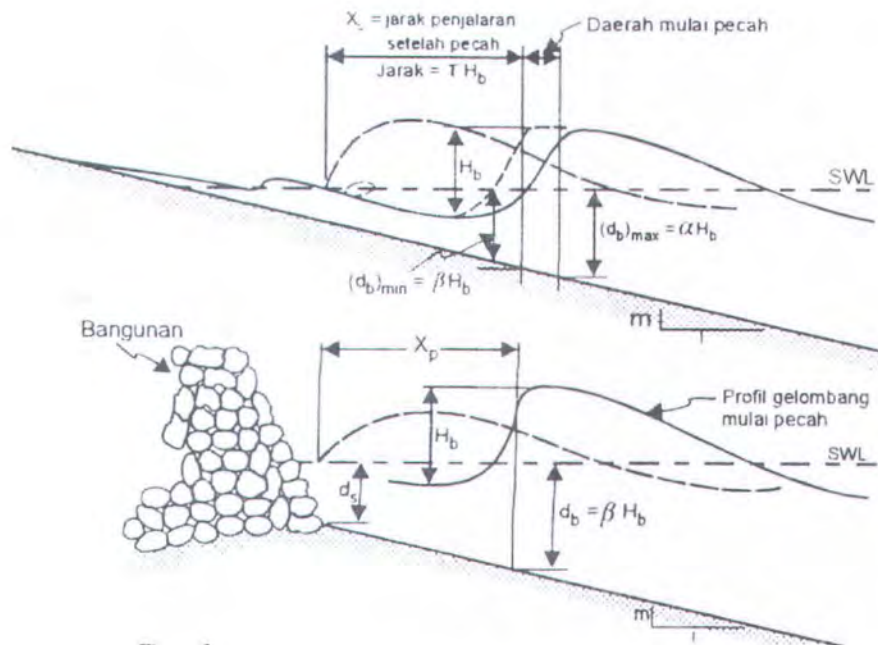
sedang pada titik-titik diantaranya partikel air bergerak dalam arah diagonal seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 2.12 Lintasan Partikel Air Pada Gelombang

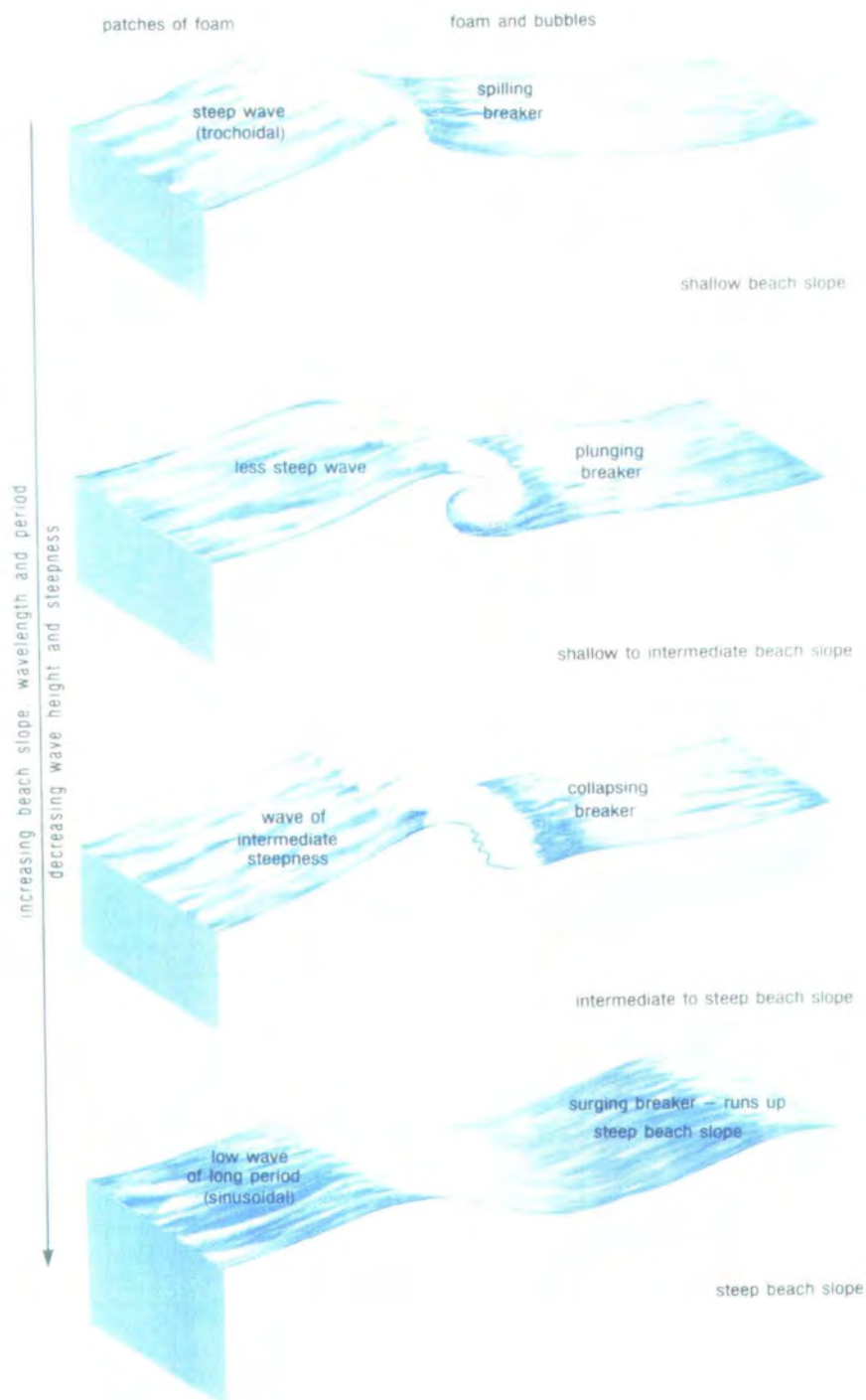
c. Gelombang Pecah

Gelombang pecah adalah gelombang yang menjalar dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Triatmodjo (1999) menyatakan bahwa dilaut dalam profil gelombang adalah sinusoidal, semakin menuju ke perairan yang lebih dangkal puncak gelombang semakin tajam dan lembah gelombang semakin datar. Selain itu kecepatan dan panjang gelombang berkurang secara berangsur-angsur sementara tinggi gelombang bertambah. Gelombang pecah sangat tergantung dengan kemiringan gelombang. Gambar 2.13 menunjukkan proses terjadinya gelombang pecah.



Gambar 2.13 Proses Gelombang Pecah (U.S. Army Corps of Engineers, 1984)

Gelombang pecah dapat dibedakan menjadi *spilling*, *plunging*, *collapsing* dan *surging* seperti yang terlihat pada Gambar 2.14. *Spilling* terjadi apabila puncak gelombang menjadi tidak stabil dan berangsur-angsur turun ke permukaan air menghasilkan buih pada permukaan air yang cukup panjang, *plunging* terjadi apabila puncak gelombang memutar dan turun di depan menghasilkan percikan air yang besar, *collapsing* terjadi apabila puncak gelombang tidak pecah ketika bagian bawah gelombang mengalami kemiringan kemudian turun menghasilkan gelombang *irregular* yang mengalami turbulensi pada permukaan airnya sedangkan pada *surging* terjadi apabila puncak gelombang tidak pecah namun sebelum puncak gelombang turun, dasar gelombang sudah pecah (Galvin, 1968).



Gambar 2.14 *Spilling, plunging, collapsing dan surging* (Open University, 1989)

d. Transmisi Gelombang

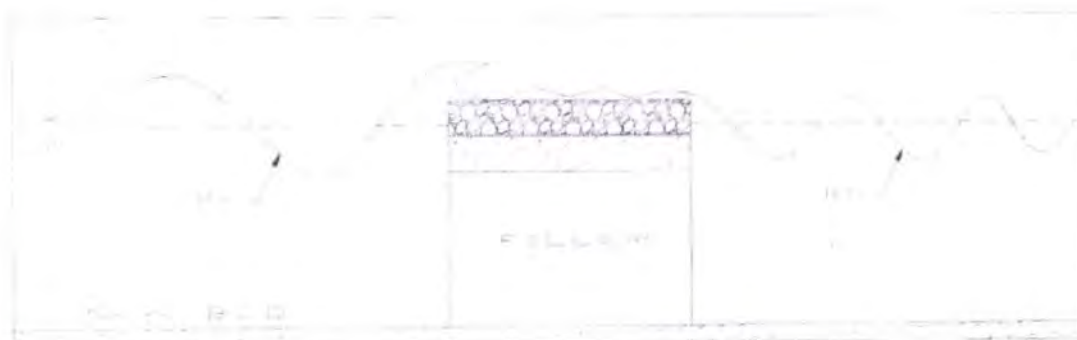
Setelah mengalami proses gelombang pecah, gelombang akan mengalami transmisi gelombang yaitu penerusan gelombang oleh bangunan pantai. Adapun parameter transmisi gelombang K_t (Koefisien Transmisi) adalah sebagai berikut

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} = \sqrt{\frac{E_t}{E_i}} \dots\dots\dots(18)$$

dimana :

E_t = Energi Gelombang Transmisi

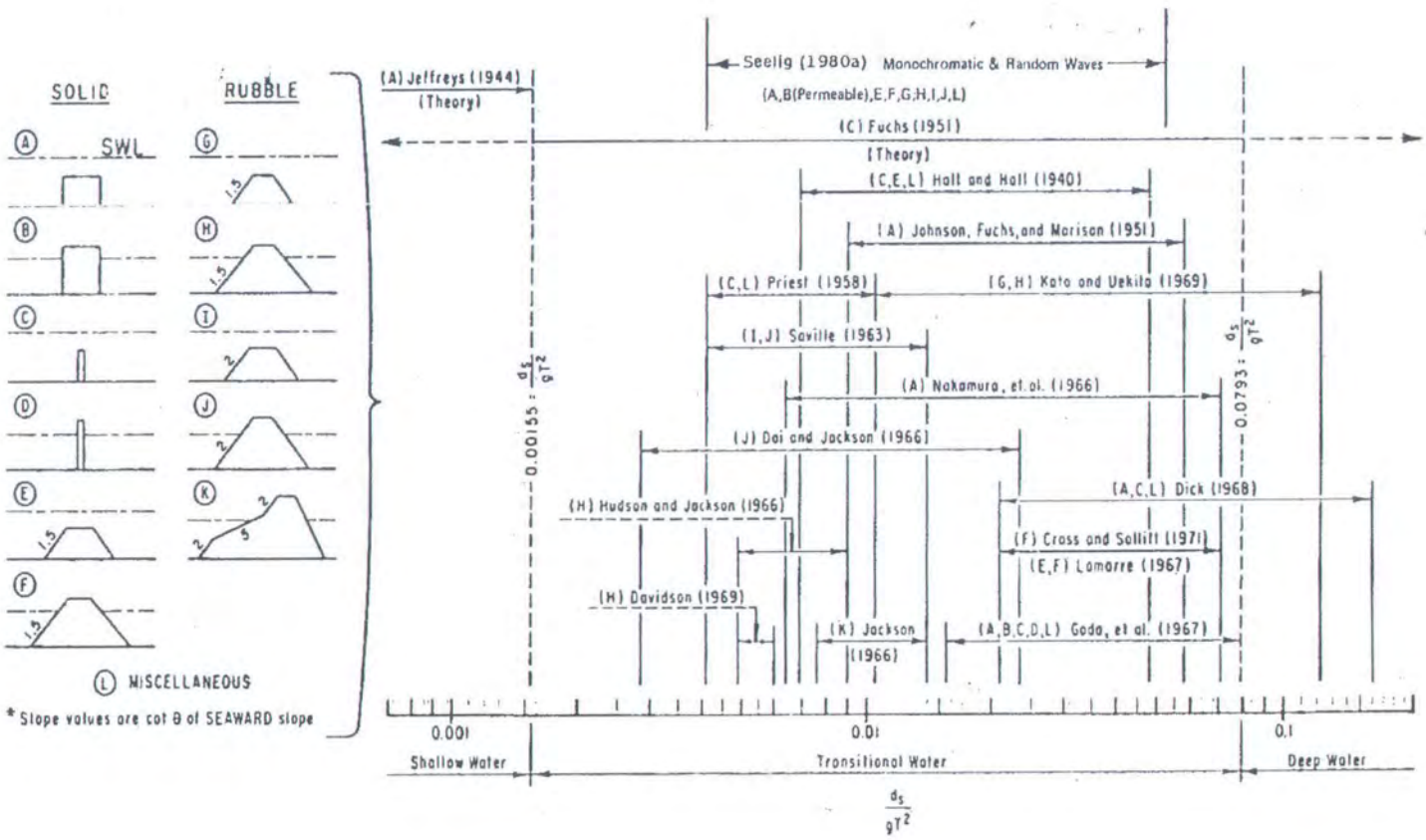
E_i = Energi Gelombang Datang



Gambar 2.15 Transmisi Gelombang (Akbar, 2005)

Pada Gambar 2.15 diatas juga menjelaskan bahwa H_i adalah tinggi gelombang datang sebelum mengenai struktur dan H_t adalah tinggi gelombang setelah melewati struktur. Dan dapat dilihat juga bahwa tinggi gelombang setelah mengenai struktur lebih kecil dari pada gelombang datang sebelum mengenai struktur.

Pada bangunan *non-overtopping*, transmisi gelombang diakibatkan oleh hempasan volume air yang melimpas diatas mercu bangunan. Sedangkan pada bangunan *overtopping*, transmisi gelombang merupakan gabungan dari kontribusi *overtopping* dan perembesan air melalui bangunan. Pada struktur bangunan dibawah permukaan air, parameter yang penting untuk menentukan



Gambar 2.16 Gelombang Transmisi Pada Submerged Breakwater dan Overtopping Structure oleh Para Peneliti (U.S. Army Corps of Engineers, 1984)

besarnya transmisi gelombang adalah perbandingan antara elevasi puncak bangunan terhadap muka air diam dengan kedalaman air. Gelombang panjang akan menghasilkan gelombang transmisi yang lebih besar dibandingkan gelombang pendek, selain itu transmisi gelombang juga dipengaruhi oleh *wave steepness* (Sollitt and Cross, 1972).

Pengetahuan mengenai gelombang transmisi untuk breakwater biasanya berasal dari analisa model fisik karena penyelidikan dengan cara model fisik lebih mudah dan relatif lebih murah untuk dilakukan, seperti terlihat pada Gambar 2.16 dimana peneliti-peneliti melakukan analisa gelombang transmisi pada *submerged breakwater* dan *overtopping structur*.

2.2.3 Pemodelan dengan Flow 3D

a. Metode Volume of Fluid

Nichols dan Hirt pada tahun 1975 merupakan peneliti yang pertama kali menyelesaikan algoritma Volume of fluid (SOLA_VOF) method dan memperluas lagi metode ini pada tahun 1981. Metode ini menggunakan sistem koordinat kartesian dimana pendekatan Metode Euler digunakan untuk menyelesaikan kondisi batas permukaan mengingat pendekatan Lagrangian tidak bisa digunakan.

Persamaan 2 dimensi fluida yang diselesaikan adalah persamaan Navier-Stokes sebagai berikut :

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{V_F} \left[u A_x \frac{\partial u}{\partial x} + v A_y \frac{\partial u}{\partial y} \right] = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + g_y + f_y \quad \dots\dots\dots(19)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{V_F} \left[u A_x \frac{\partial v}{\partial x} + v A_y \frac{\partial v}{\partial y} \right] = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + g_y + f_y \quad \dots\dots\dots(20)$$

dimana :

u dan v = kecepatan fluida dalam arah koordinat kartesian (x, y)

A_x dan A_y = daerah terbuka fraksional pada aliran dalam
axis x dan y ,

V_F = volume terbuka fraksional pada aliran

t = waktu,

p = tekanan

ρ = densitas air laut

f_x dan f_y = percepatan viscositas

g_x dan g_y = percepatan gravitasi dalam axis x dan y

Karena air laut diasumsikan Incompresible, maka harus memenuhi persamaan

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad \dots\dots\dots(21)$$

tetapi untuk mengijinkan pengaruh compresbility terbatas maka Persamaan 16 di atas di ulang oleh persamaan kontinuitas umum (Hirt dan Nichols 1981 dalam Flow Science 1995) menjadi :

$$\frac{V_F}{\rho c^2} \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial v A_x}{\partial x} + \frac{\partial v A_y}{\partial y} = 0 \quad \dots\dots\dots(22)$$

dimana c adalah kecepatan bunyi adiabatik. Dalam Flow 3D variabel dependen dibuat dalam persamaan diatas, disusun grid yang teratur. Kemudian untuk mendefinisikan fluida secara lokal dalam ruang, sebuah fungsi waktu VOF yang dependen adalah sebagai berikut :

$$\frac{\partial F}{\partial t} + \frac{1}{V_F} \left[A_x u \frac{\partial F}{\partial x} + A_y v \frac{\partial F}{\partial y} \right] = 0 \quad \dots\dots\dots(23)$$

F adalah pecahan volume. Fungsi F juga digunakan untuk mengidentifikasi mesh cell yang memuat kerapatan densitas fluida. Sebuah sel fluida akan memiliki nilai F nol, satu, atau pecahan. Untuk sebuah kasus dimana hanya fluida tunggal yang digunakan, sel dengan nilai f nol adalah kosong atau tidak ada material sama sekali; sel fluida bernilai satu. Sebuah sel interface atau sel batas permukaan didefinisikan sebagai sel mengandung nilai F bukan nol dan paling tidak berdekatan yang mengandung nilai F nol. Metode ini juga memiliki kapabilitas untuk mendefinisikan rintangan sel dimana fluida tidak dapat bergerak

Prosedur dasar untuk memperoleh sebuah penyelesaian dalam langkah waktu tambahan dt menurut Nichols dan Hirt (1981) adalah sebagai berikut :

1. Pendekatan secara eksplisit penyelesaian persamaan Navier Stokes (persamaan 14 dan 15) digunakan untuk perkiraan awal nilai kecepatan dengan menggunakan nilai kondisi batas awal atau nilai dari tahap sebelumnya.
2. Untuk memenuhi persamaan kontinuitas (persamaan 16), tekanan diperhitungkan secara iterasi biasa dalam masing-masing sel dan perubahan kecepatan yang dipengaruhi oleh perubahan masing-masing tekanan ditambahkan pada perhitungan kecepatan yang dihitung pada tahap pertama atau sebelumnya.
3. Pada akhirnya fungsi F yang mendefinisikan daerah fluida, diperbaharui dengan menggunakan persamaan untuk memberikan konfigurasi fluida yang baru.

Pada tahap masing-masing, kondisi batas yang cocok harus diterapkan pada semua kondisi mesh, kondisi batas dan kondisi batas internal.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan-tahapan dari Metodologi Penelitian

1. Tahap Awal

Pada awal penelitian dilakukan penelusuran dengan mencari objek penelitian dengan mempertimbangkan bahwa penelitian yang dilakukan ini nantinya akan banyak memberikan manfaat. Selanjutnya mencari permasalahan yang ada pada objek penelitian tersebut. Dari beberapa permasalahan yang ada kemudian dirumuskan satu permasalahan yang akan diselesaikan, sekaligus menentukan tujuan dari dilakukannya penelitian ini. Untuk menambah wawasan serta teori-teori pendukung penelitian diperlukan kajian literatur, baik jurnal, hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya maupun text book.

2. Tahap Pemodelan

Pada tahap ini data-data awal dari penelitian dimodelkan dengan bantuan Software Flow3D dengan memasukkan *boundary condition* serta memodelkan variable-variabel lain yang diperlukan dalam pemodelan ini.

3. Tahap Validasi

Validasi dilakukan dengan cara membandingkan antara hasil percobaan yang telah dilakukan dengan percobaan-percobaan sebelumnya. Jika validasi hasil percobaan yang dilakukan tidak memenuhi atau tidak sesuai dengan hasil percobaan sebelumnya, maka percobaan harus diulangi lagi sampai diperoleh data yang benar-benar valid. Sedangkan jika validasi tersebut memenuhi dan sesuai dengan percobaan sebelumnya, maka penulisan laporan tugas akhir dapat dilakukan.

4. Tahap Aplikasi

Setelah dilakukan validasi, kemudian mencari nilai gelombang transmisi dari 2 sudut segitiga yang dianalisa di mana sudut segitiga dirubah-rubah untuk mencari pengaruh sudut terhadap redaman gelombang yang dihasilkan *breakwater*.

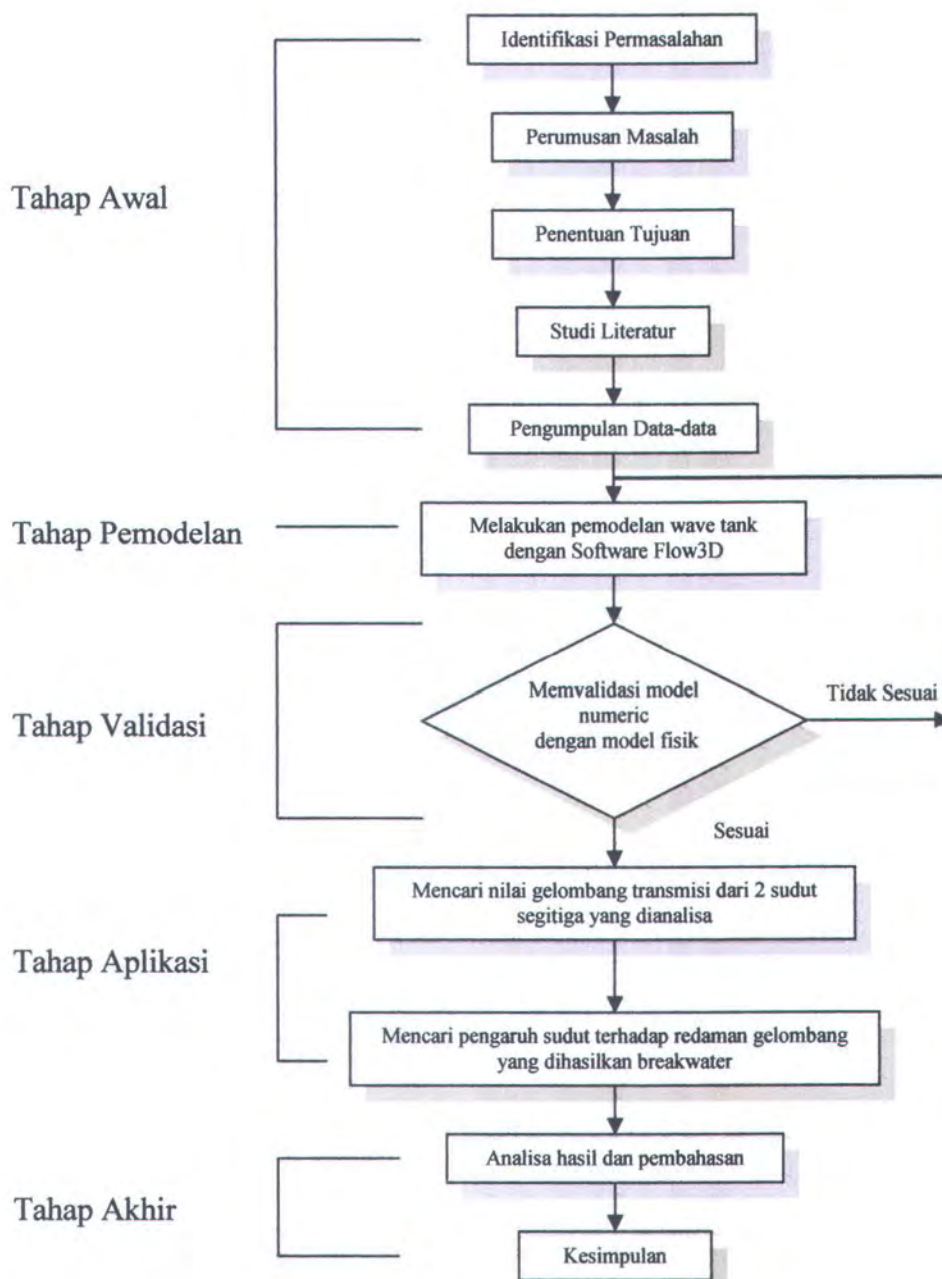
5. Tahap Akhir

Pada tahap ini merupakan pengambilan kesimpulan akhir atas penelitian yang dilakukan dan hasil yang telah didapatkan. Apabila hasil yang diperoleh tidak sesuai dengan tujuan penelitian maka perlu dijelaskan penyebab-penyebabnya.

3.2 Langkah-langkah Pengerjaan

1. Pertama kali adalah pengumpulan data struktur *breakwater* berupa gambar, hasil penelitian maupun laporan analisa terdahulu.
2. Setelah data *breakwater* dan data gelombang didapatkan, kemudian model *breakwater* dibuat dan kemudian dilanjutkan dengan pemodelan dengan menggunakan *software* Flow 3D
3. Setelah *wave tank* dan *breakwater* dimodelkan, langkah selanjutnya adalah melakukan running program sebagai validasi dengan data *breakwater* dan data gelombang dari peneliti sebelumnya
4. Selanjutnya adalah melakukan analisa nilai gelombang pecah dan melakukan perbandingan antara hasil dari pemodelan dengan hasil fisik dari penelitian sebelumnya sehingga *wave tank* tervalidasi.
5. Setelah *wave tank* tervalidasi kemudian melakukan analisa gelombang transmisi dengan melakukan perubahan sudut dari *breakwater*, selanjutnya dilakukan analisa pengaruh sudut terhadap redaman gelombang yang dihasilkan.
6. Suatu *breakwater* menghasilkan redaman gelombang yang baik apabila nilai koefisien transmisinya paling kecil diantara sudut lainnya yang dianalisa.

3.3 Alur Metodologi Penelitian



Gambar 3.1 Alur Metodologi Penelitian

3.4 Pengumpulan Data

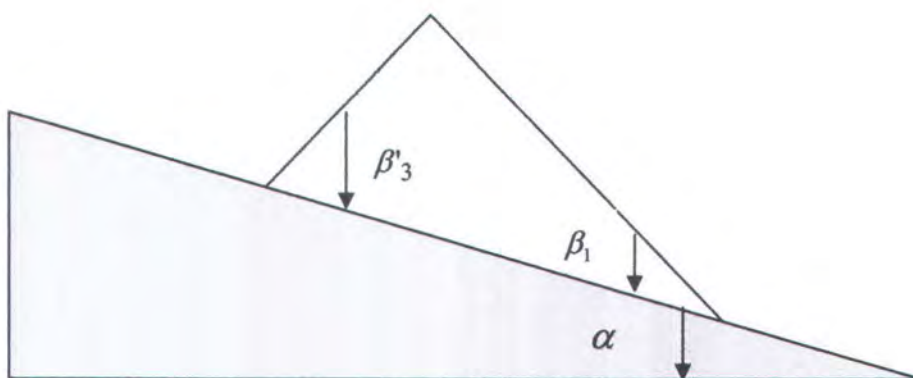
Adapun data-data model fisik yang digunakan untuk keperluan model numerik dalam tugas akhir ini adalah :

1.) Wave Tank

Panjang	: 45,7 m
Tinggi	: 0,9 m
Berat jenis Air	: 1000 kg/m ³
Kedalaman Air	: 0,381 m
Slope/Kemiringan Tanah	: 1/30

3.4.1 Data untuk validasi model

Data-data breakwater untuk kalibrasi dan validasi pemodelan ini antara lain dapat dilihat pada tabel 3.1 dimana $\beta'_3 = \beta_3 + \alpha$, dimana nilai $\alpha = 1,9^0$ yang konfigurasi dari *breakwater* dapat dilihat pada gambar di bawah ini



Gambar 3.2 Breakwater

Data dari Tabel 3.1 di bawah ini merupakan data dari percobaan Smith dan Krauss, dimana nilai H dalam ft yang nantinya dikonversikan ke dalam meter. Smith dan Krauss menggunakan nilai H yang berbeda disetiap kasus dengan

sudut yang berbeda pula sedangkan nilai T menggunakan harga yang sama pada setiap kasusnya.

Tabel 3.1 Ukuran Sudut Pada Breakwater untuk Validasi

Nilai	Breakwater dalam derajat		
	I	II	III
β_1	5	9.5	13.8
β_3	0	0	0
H	0.49 (ft)	0.51 (ft)	0.50 (ft)
T	1.02 (s)	1.02 (s)	1.02 (s)

3.4.2 Data untuk analisa pengaruh sudut terhadap redaman gelombang

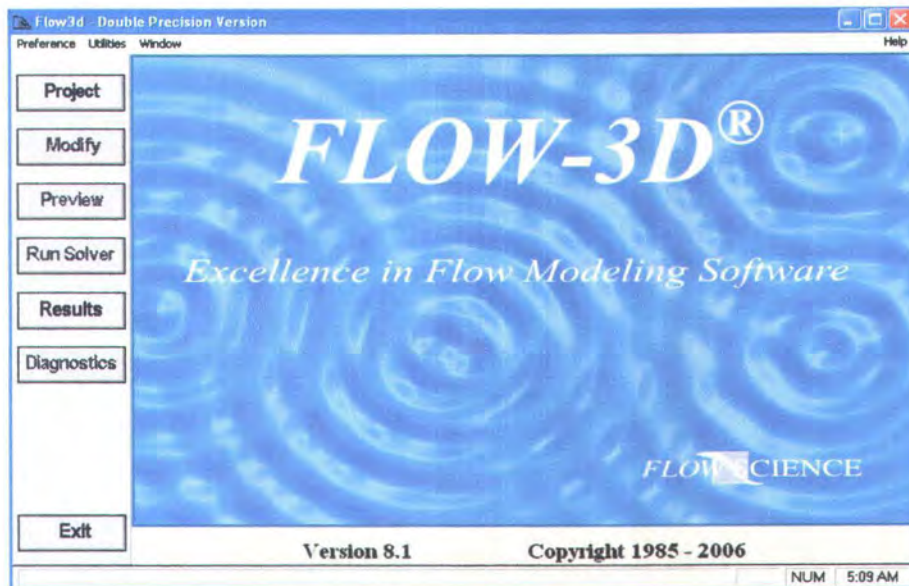
Setelah *wave tank* dan data gelombang telah tervalidasi maka dengan menggunakan tabel dibawah dapat melakukan running program untuk mengetahui nilai gelombang transmisi

Tabel 3.2 Ukuran Sudut pada Breakwater

Nilai	Breakwater dalam derajat						
	Tanpa breakwater	I	II	III	IV	V	VI
β_1	0	25	30	40	50	60	75
β_3	0	31.9	31.9	31.9	31.9	31.9	31.9
H (m)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
T (s)	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02

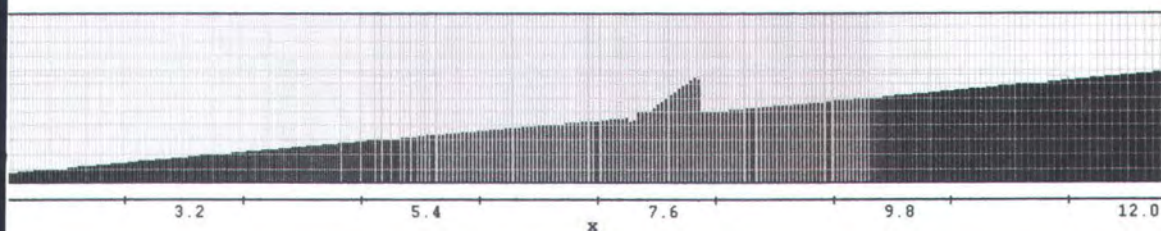
3.5 Pemodelan Software Flow 3D

Pemodelan submerged breakwater bentuk segitiga dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* Flow-3D. *Software* ini merupakan *Computational Fluid Dynamic* dengan menggunakan metode VOF (Volume of Fluid). Dalam tugas akhir ini data-data serta ukuran dari *wave tank* dan ukuran *submerged breakwater* sebagai kalibrasi dan validasi menggunakan percobaan Smith and Crauss.



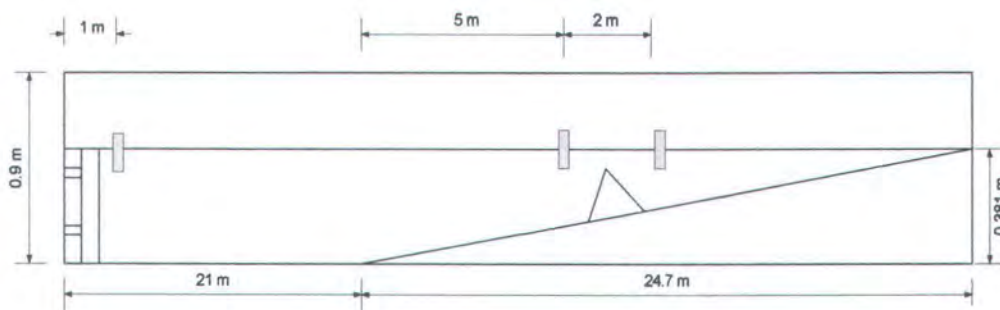
Gambar 3.3 Flow 3D

Pembuatan model *wave tank* dimulai dengan membuat grid-grid yang sesuai dengan ukuran yang telah direncanakan. Kerapatan grid yang tinggi akan menghasilkan tampilan yang model yang halus serta memberikan data gelombang yang lebih terinci karena pembacaan data oleh *software* akan lebih banyak dan detail. Dalam merunning program, memerlukan *time step* yang kecil untuk mendapatkan data yang diinginkan. Gambar 3.4 berikut menunjukkan pembagian grid di sepanjang daerah komputasi



Gambar 3.4 Hasil Output Kerapatan Grid Pada Flow 3D

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa pada daerah didekat *breakwater* bentuk segitiga, gridnya lebih rapat dari pada daerah yang lain. Hal ini berguna untuk memberikan data gelombang yang lebih terinci sehingga hasil yang diperoleh lebih detail. Kerapatan grid lebih diutamakan di daerah ini karena letak dari 2 buah titik pengambilan data, berada didepan *breakwater* dan dibelakang *breakwater*. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.5



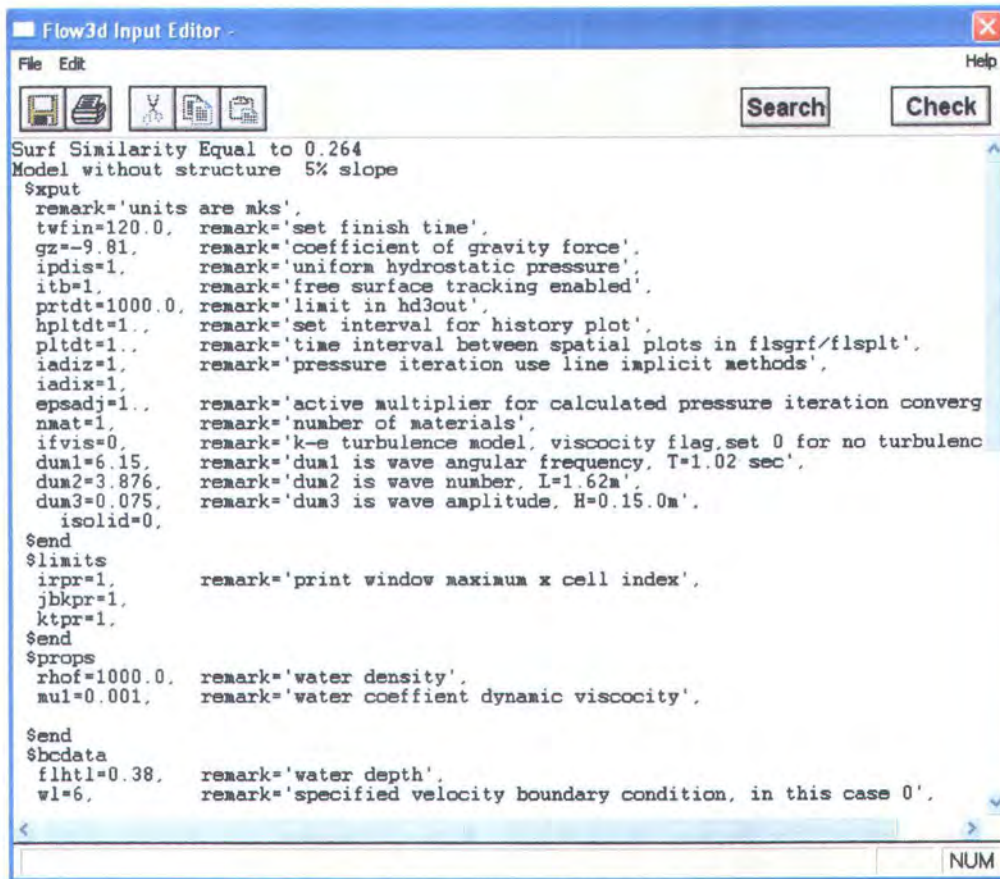
Gambar 3.5 Letak dari Titik Pengambilan Data

Letak titik (0,0) berada pada ujung paling depan dari mulainya kemiringan tanah atau 24,7 m dari pembangkit gelombang. Pembangkit gelombang dimodelkan di ujung kiri dari *wave tank*, sehingga gelombang bergerak dari arah kiri menuju ke kanan, seperti yang terlihat pada Gambar 3.5 diatas.

Sebagaimana yang terlihat pada Gambar 3.5 dipasang 3 titik pengambilan data dari *wave tank*, dengan letak yang berbeda-beda. Pertama dipasang 1 m dari pembangkit gelombang. Titik kedua dipasang 1 m didepan *breakwater* dan titik ketiga dipasang 1 m dibelakang *submerged breakwater*.

Data gelombang nantinya dalam Flow 3D dimasukkan ke dalam file prepin. Prepin ini merupakan kumpulan seluruh input data, mulai dari time step yang di inginkan,

data gelombang sampai pengentryan letak dari titik pengambilan data. Contoh tampilan prepin dalam Flow 3D ditunjukkan dalam Gambar 3.6 berikut ini.

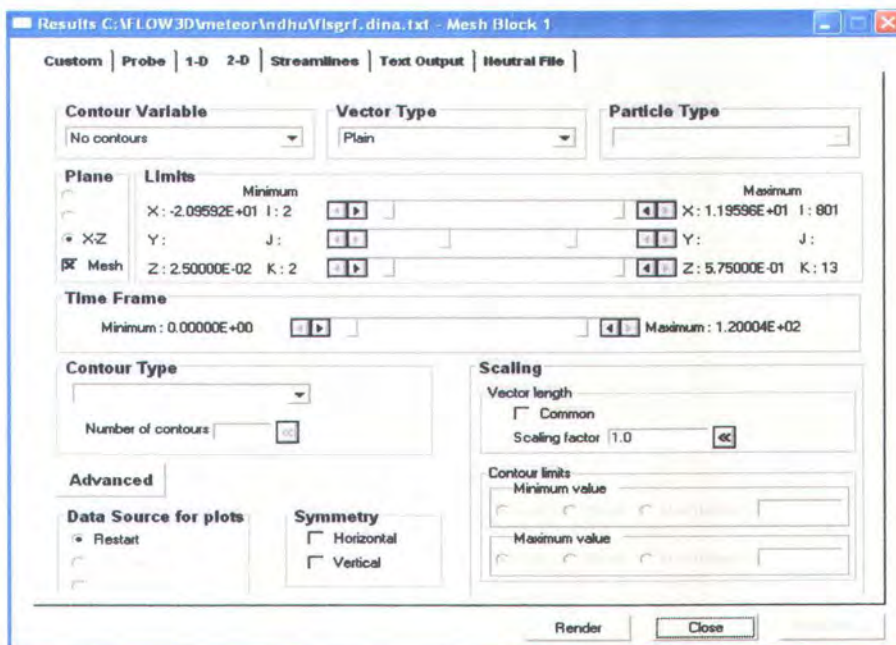


Gambar 3.6 Prepin pada Flow 3D

Selanjutnya output model dapat diatur dengan tombol-tombol *post processor* dalam Flow 3D sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 3.7

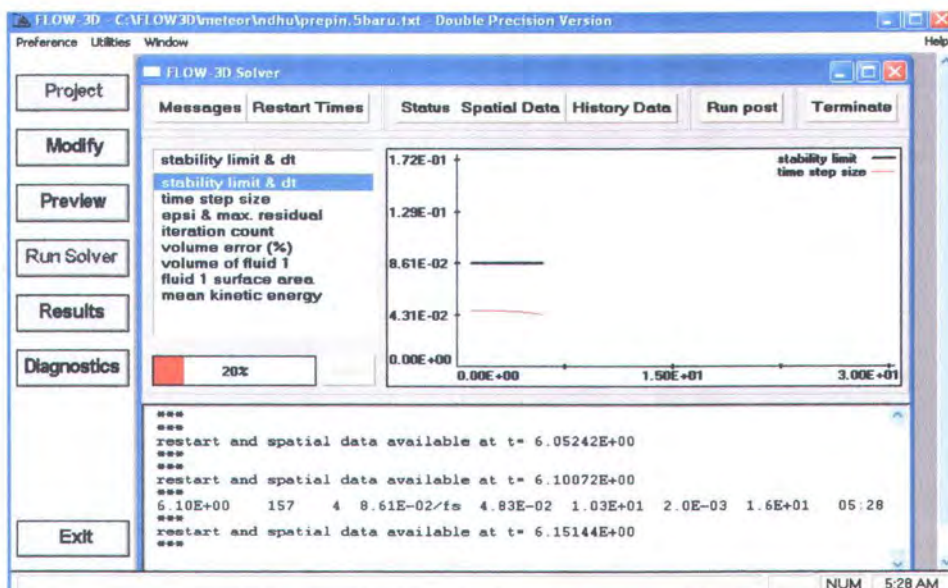
3.5.1 Validasi Model

Untuk mengetahui apakah *wave tank* yang dimodelkan dalam flow 3D sesuai dengan kondisi wave tank pada penelitian sebelumnya maka perlu adanya perbandingan nilai tinggi gelombang pecah atau H_b , antara model fisik dan model numerik dari *submerged breakwater* bentuk segitiga.

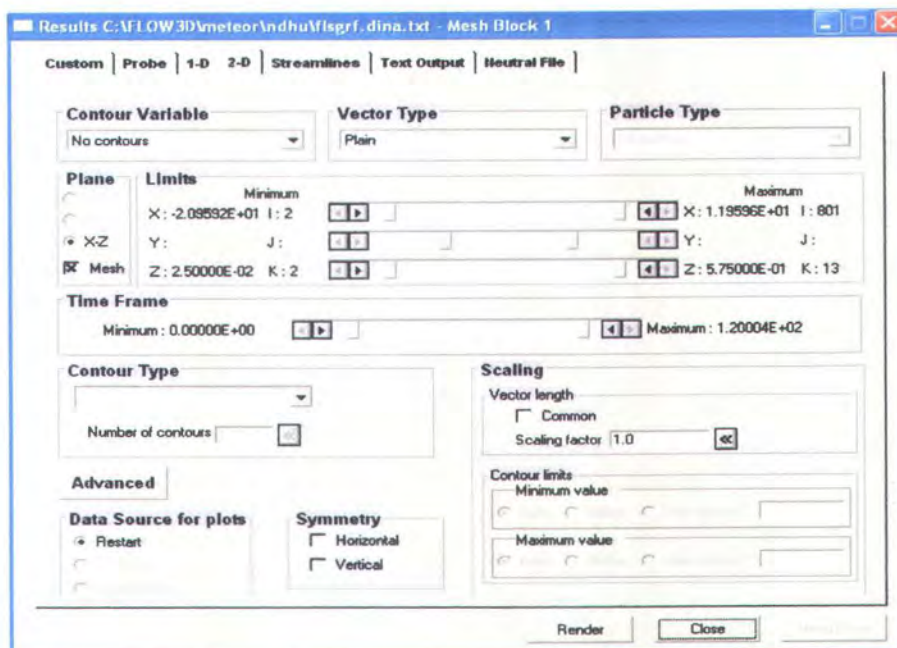


Gambar 3.7 Tools untuk mengatur output Flow 3D

Dengan tabel 4.1 sebagai data inputnya, program akan merunning data tersebut untuk setiap breakwater dan menghasilkan gelombang yang dibangkitkan oleh pembangkit gelombang sesuai data kemudian menjalar ke arah breakwater yang telah dimodelkan dalam mesh atau grid-grid yang telah disiapkan sebelumnya.

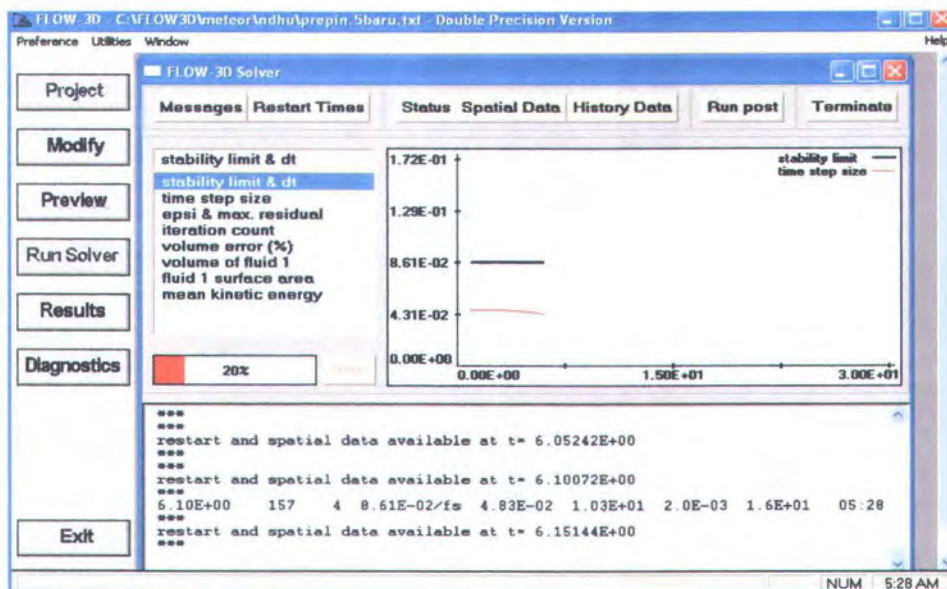


Gambar 3.8 Proses Running Program Flow 3D



Gambar 3.7 Tools untuk mengatur output Flow 3D

Dengan tabel 4.1 sebagai data inputnya, program akan merunning data tersebut untuk setiap breakwater dan menghasilkan gelombang yang dibangkitkan oleh pembangkit gelombang sesuai data kemudian menjalar ke arah breakwater yang telah dimodelkan dalam mesh atau grid-grid yang telah disiapkan sebelumnya.



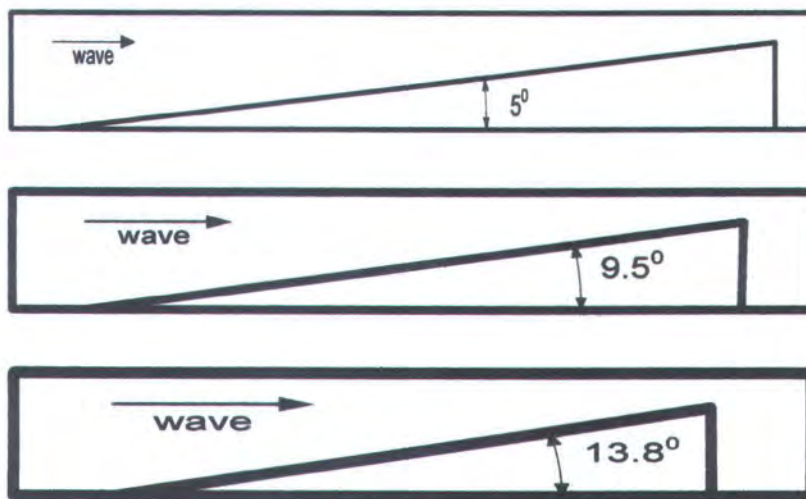
Gambar 3.8 Proses Running Program Flow 3D

Ketika gelombang bergerak akan direkam oleh titik pengambilan data. Untuk validasi ini data output dari titik pengambilan data pertama dan kedua saja yang digunakan. Apabila hasil dari perekam data tidak sesuai dengan nilai H_b yang ada pada penelitian Smith dan Krauss maka akan diulang lagi proses entry data dan running dimulai dari awal lagi. Ketidaksesuaian data yang dihasilkan model numerik dikarenakan banyak hal. Kesalahan-kesalahan yang sering terjadi adalah kurang kecilnya grid yang dirancang sehingga data yang terekam tidak spesifik dan rinci. Tidak jarang kesalahan juga terjadi pada pembuatan kemiringan tanah dan sudut segitiga untuk breakwater serta input data gelombangnya.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Validasi Model Numerik

Validasi model numeric ini merupakan perbandingan nilai gelombang pecah hasil pemodelan numeric dengan model fisik dari penelitian Smith dan Krauss. H_b pada penelitian ini diasumsikan tinggi gelombang tertinggi yang tercatat pada titik pengambilan data.



Gambar 4.1 Bentuk Segitiga Validasi Model

Pada Gambar 4.1 di atas merupakan bentuk segitiga *breakwater* pada pemodelan numeris untuk validasi model dari *wave tank*. Dapat dilihat bahwa semakin kecil sudut dari segitiga *breakwater* maka semakin panjang bentuk *breakwater* yang terjadi untuk ketinggian yang sama. Hal inilah yang menyebabkan peletakkan dari *breakwater* berbeda-beda jaraknya dari titik (0,0).

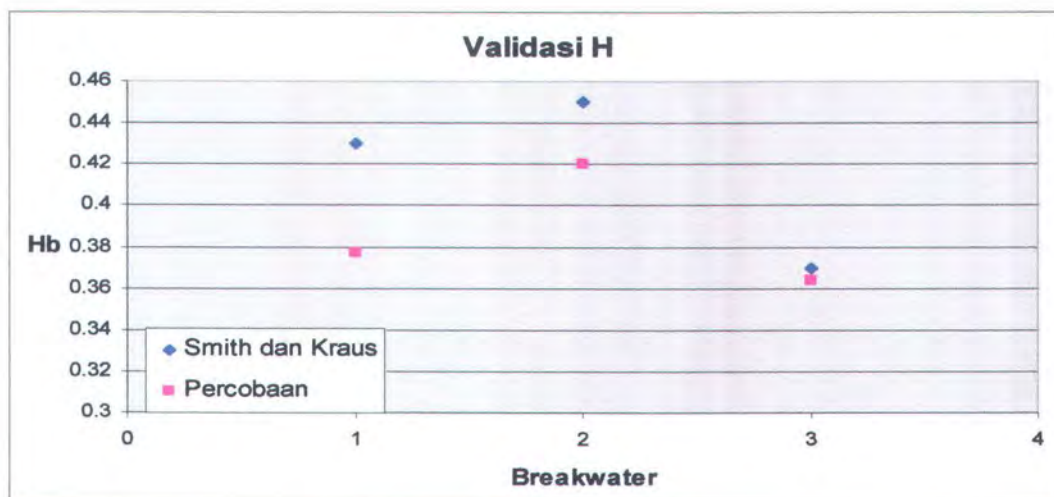
Setelah *wave tank* dan *breakwater* telah dimodelkan kemudian melakukan running program dengan menggunakan data gelombang validasi model. Adapun hasil running validasi model ini dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut di mana terlihat adanya perbedaan hasil antara model fisik dan model numeric.

Tabel 4.1 Nilai H_b pada Breakwater untuk Validasi

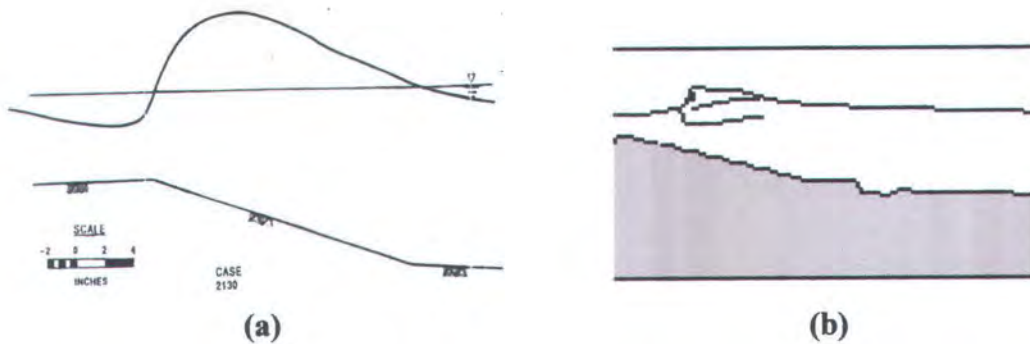
Hb	Tipe Breakwater Untuk Validasi		
	I	II	III
Smith dan Kraus	0.43	0.45	0.37
Pemodelan	0.42	0.377	0.364

Hasil running dari nilai H_b untuk *breakwater* validasi ini mempunyai selisih dengan nilai H_b di pemodelan fisik sebagaimana terlihat pada Gambar 4.2. Pada *breakwater* validasi I, terjadi selisih nilai tinggi gelombang pecah yang besar yaitu 0,07 sedangkan pada *breakwater* validasi II dan III mempunyai nilai gelombang pecah sebesar 0,01 dan 0,003.

Dari ketiga kasus ini akan diambil *breakwater* yang nilai H_b antara pemodelan numeriknya paling mendekati dengan pemodelan fisiknya yaitu *breakwater* III sebagai data awal dalam pemodelan selanjutnya.



Gambar 4.2 Perbandingan Nilai Tinggi Gelombang Pecah terhadap Besar Sudut Breakwater antara Model Fisik dan Model Numerik



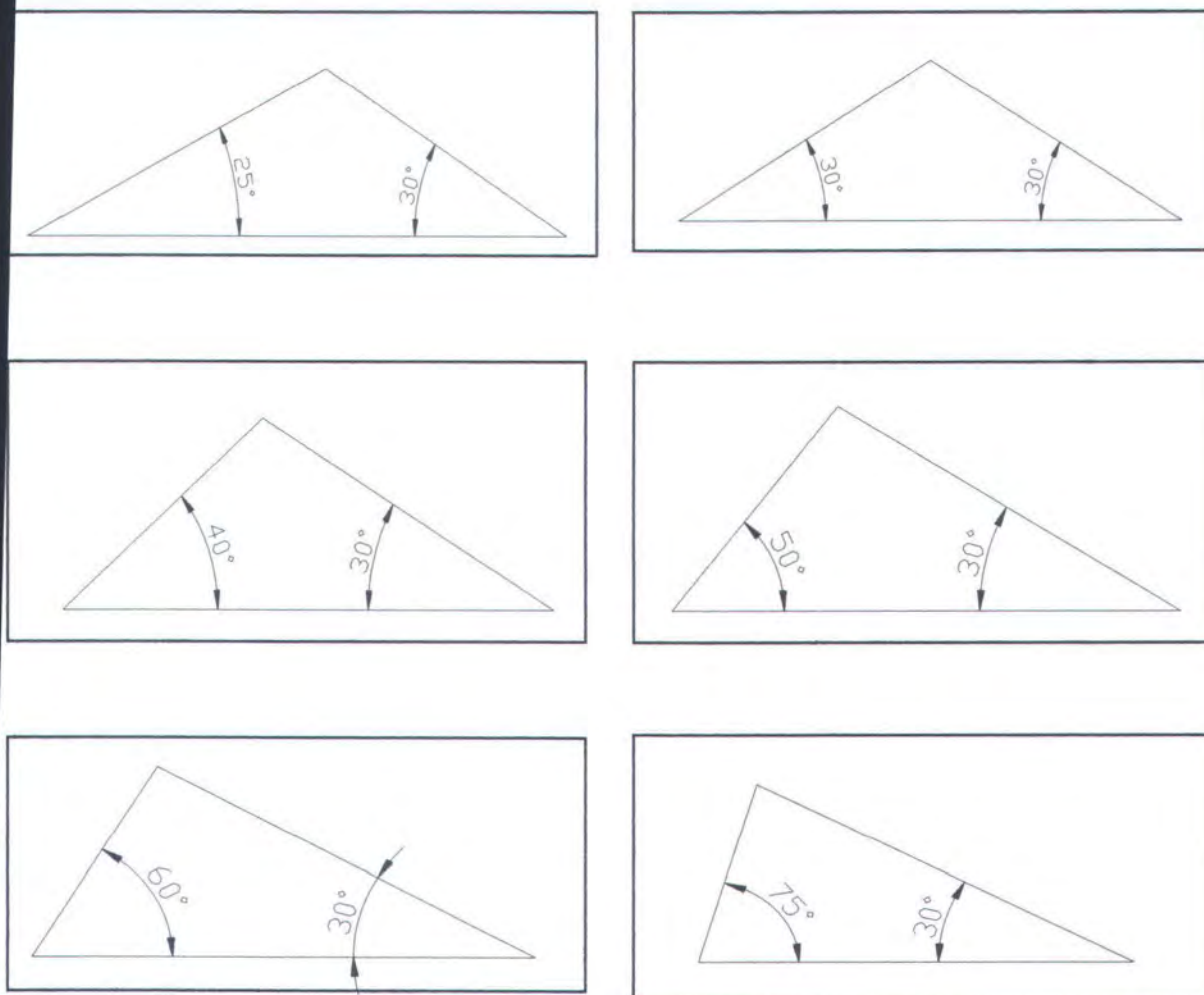
Gambar 4.3 (a) Bentuk gelombang pecah pada penelitian sebelumnya (Smith and Kraus, 1990) dan (b) pemodelan numerik breakwater III.

Dapat juga dilihat bahwa pada Gambar 4.3 merupakan bentuk gelombang pecah pada penelitian sebelumnya hampir sama dengan bentuk gelombang pecah yang terdapat pada pemodelan ini. Adapun nilai tinggi gelombang pecah dititik pengambilan data yang kedua memberikan nilai yang mendekati nilai tinggi gelombang pecah pada penelitian sebelumnya, sehingga dapat disimpulkan bahwa *wave tank* pada pemodelan ini sudah tervalidasi.

4.2 Hasil Pemodelan Gelombang Transmisi

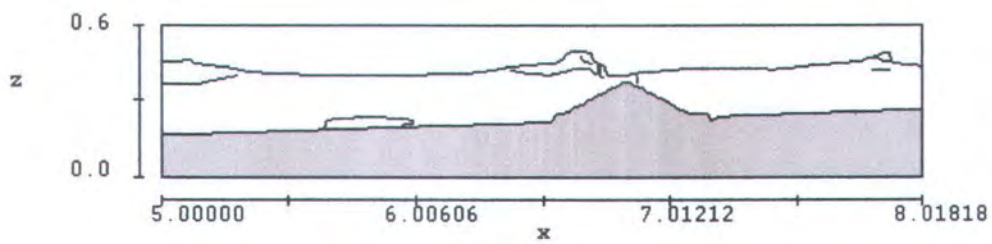
Setelah model wave tank telah tervalidasi, dengan tetap menggunakan nilai H dan T yang sama maka analisa pengaruh sudut segitiga dari *breakwater* ini dapat dilakukan.

Pada gambar di bawah merupakan bentuk konfigurasi *breakwater* dari nilai $\beta_3 = 25^\circ$ sampai 75° dengan nilai β_1 adalah 30° , di mana terlihat bahwa semakin besar nilai dari β_3 maka akan semakin tegak bentuk dari *breakwater* sedangkan tinggi dari seluruh *breakwater* ini adalah sama.

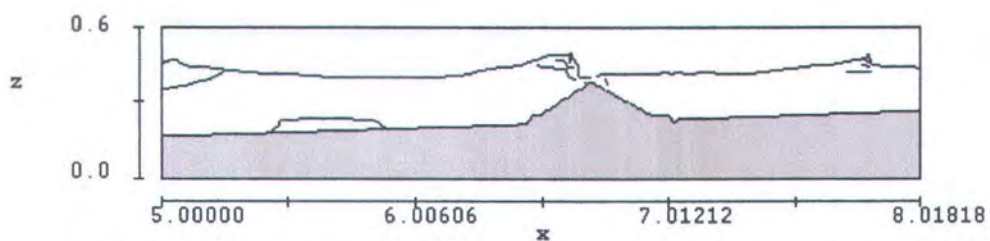


Gambar 4.4 Konfigurasi Bentuk Breakwater pada Analisa Pengaruh Sudut terhadap Redaman Gelombang

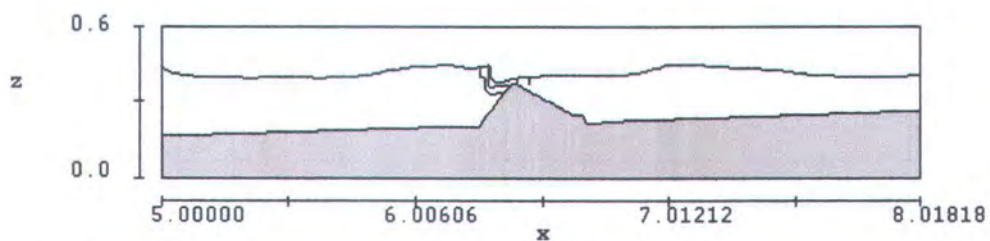
Pada Tabel 3.2 merupakan data input untuk mencari nilai gelombang transmisi dimana setiap breakwater dirunning dan data dari pengambilan titik ketiga diolah dan dengan menggunakan persamaan 3, kita akan dapat menghitung nilai koefisien transmisi, dalam analisa koefisien transmisi H_i adalah tinggi gelombang pada saat *wave tank* tanpa *breakwater* sedangkan H_t adalah tinggi gelombang setelah ada *breakwater*. Hal ini sesuai dengan Ahrens (1987) yang menggunakan gelombang tanpa ada *breakwater* sebagai H_i dan tinggi gelombang setelah ada *breakwater* sebagai H_t .



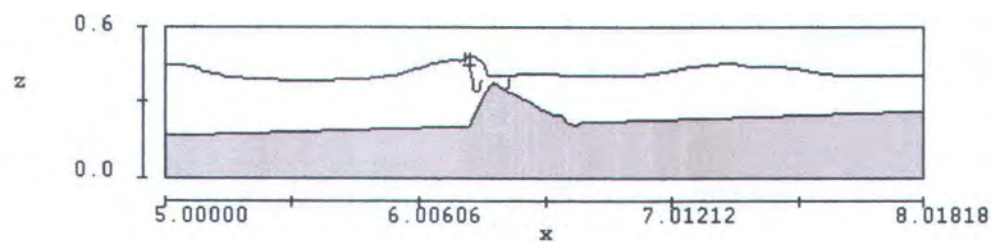
Gambar 4.5 Gelombang Pecah pada breakwater sudut 25 derajat



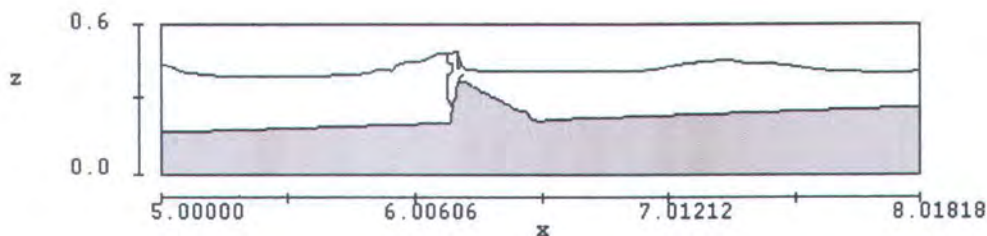
Gambar 4.6 Gelombang Pecah pada breakwater sudut 30 derajat



Gambar 4.7 Gelombang Pecah pada breakwater sudut 50 derajat



Gambar 4.8 Gelombang Pecah pada breakwater sudut 60 derajat



Gambar 4.9 Gelombang Pecah pada breakwater sudut 75 derajat

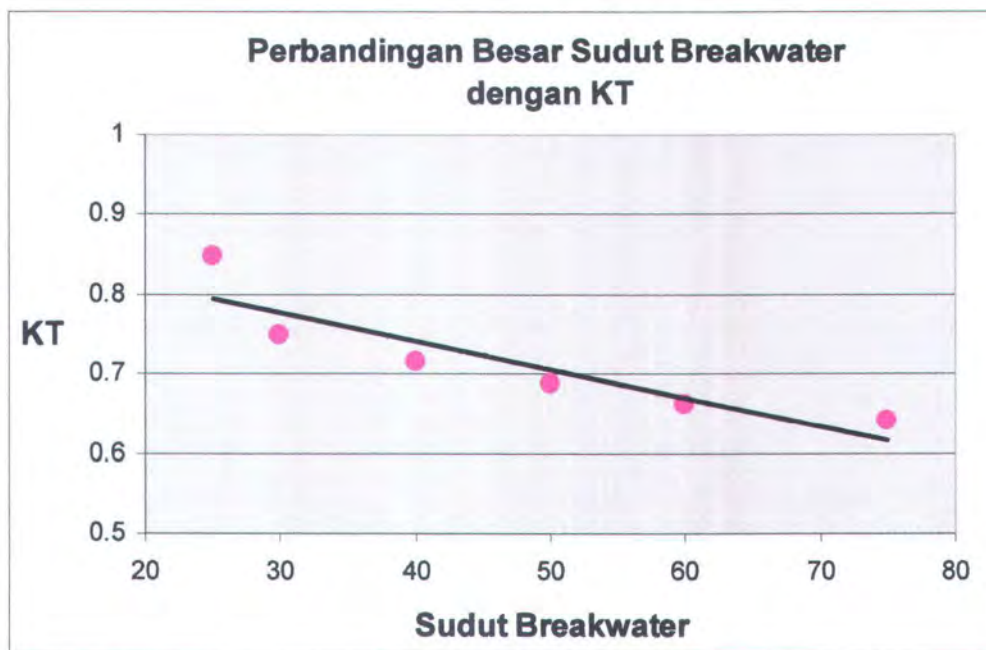
Pada Gambar 4.5 sampai 4.9 merupakan output dari bentuk gelombang pecah dari semua *breakwater* yang dimodelkan untuk mengetahui pengaruh sudut terhadap redaman gelombang. Pada sudut 25 derajat, gelombang pecah terjadi pada time step 30 detk, pada sudut 30 derajat terjadinya gelombang pecah pada time step 31 detik, pada sudut 50 derajat gelombang pecah terjadi pada time step 34 detik, sedangkan pada sudut 60 derajat dan 75 derajat terjadi gelombang pecah pada time step 36 detik. Terlihat bahwa makin besar sudut makin lama gelombang tersebut akan pecah.

Dalam urutan pelaksanaan pemodelannya, dimulai dengan melakukan running tanpa *breakwater* untuk mendapatkan nilai H_i dari titik pencatat data ketiga. Kemudian merunning *breakwater* I, II, III, IV, V dan VI untuk mendapatkan nilai H_t yaitu tinggi gelombang setelah melalui *breakwater*. Data ini didapat dari titik pencatat data nomor tiga (di belakang *breakwater*) sehingga didapatkan nilai koefisien transmisi seperti pada Tabel 4.2 dimana hasil running tanpa breakwater sebagai H_i sebesar 0,092

Tabel 4.2 Nilai Koefisien Transmisi dengan Nilai $H_i = 0,092$ m

Nilai	Breakwater					
	I	II	III	IV	V	VI
H_t (m)	0.078	0.069	0.066	0.063	0.061	0.059
Kt	0.848	0.750	0.717	0.688	0.663	0.641

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa koefisien transmisi pada *breakwater* VI adalah yang paling kecil dimana semakin kecil koefisien gelombang transmisi maka akan semakin besar energi gelombang yang teredam sehingga sudut *breakwater* yang paling baik meredam energi gelombang adalah *breakwater* VI. Hal ini juga terlihat pada Gambar 4.9 dimana trendline dari besar sudut terhadap koefisien transmisi bergerak turun, maka makin besar sudut makin kecil koefisien transmisi gelombang yang terjadi.



Gambar 4.9 Perbandingan Besar Sudut Breakwater terhadap Koefisien Transmisi

4.3 Analisa Pengaruh Wave Steepness

Untuk mengetahui pengaruh *wave steepness* terhadap redaman gelombang maka dari data *breakwater* yang ada di running dengan menggunakan H dan T sebagai berikut

Tabel 4.3 Data Input Untuk Analisa Pengaruh Wave Steepness Terhadap Redaman Gelombang

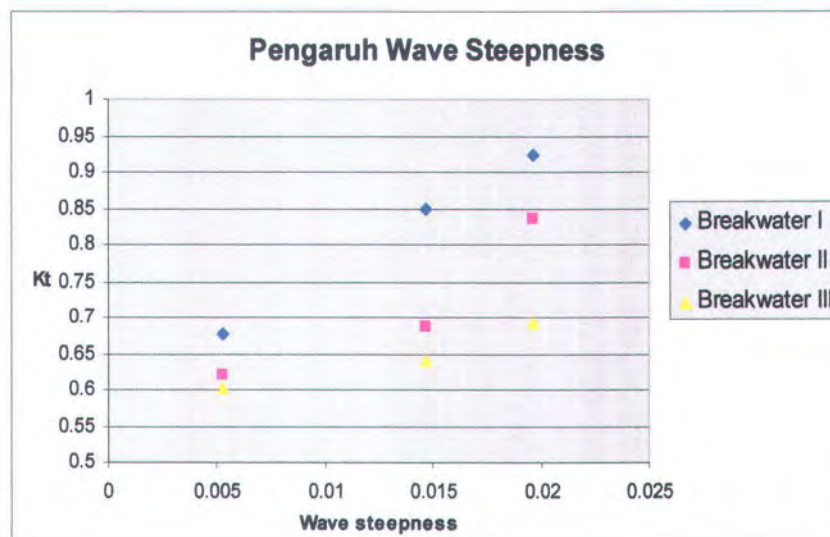
	Data Awal	1	2
H	0.15	0.15	0.2
T	1.02	1.7	1.02
Wave Steepness	0.0147	0.0053	0.0196

Dengan merunning *breakwater* I, VI, IV dan tanpa *breakwater* pada setiap kondisi data H dan T yang berbeda yaitu data awal, data 1 dan data 2, akan didapatkan nilai gelombang transmisinya yang kemudian dihitung nilai Kt pada masing-masing *breakwater* disetiap data lingkungan dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Nilai Koefisien Transmisi

Data Input	Wave Steepness	Nilai Kt Pada Breakwater		
		I	VI	IV
Data awal	0.0147	0.8478	0.6884	0.6413
1	0.0053	0.6771	0.6207	0.6019
2	0.0196	0.9242	0.8365	0.6916

Sehingga dapat disimpulkan dari Tabel 4.4 dan grafik pada Gambar 4.10, pengaruh dari *wave steepness* terhadap redaman gelombang adalah sebagai berikut



Gambar 4.10 Perbandingan nilai Koefisien Transmisi terhadap Wave Steepness

Dapat dilihat bahwa semakin besar *wave steepness* semakin besar pula nilai koefisien transmisi sehingga dapat disimpulkan bahwa apabila nilai *wave steepness* besar maka redaman yang dihasilkan dari *breakwater* akan semakin kecil.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pemodelan *wave tank* terhadap *submerged breakwater* bentuk segitiga dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan nilai gelombang transmisi yang didapatkan bahwa semakin besar sudut segitiga dari *breakwater* maka redaman yang dihasilkan akan semakin besar yaitu *breakwater* dengan sudut β_1 : 75 derajat memberikan nilai K_t 0,641.
2. Sudut segitiga *breakwater* VI adalah sudut segitiga yang lebih efektif dalam meredam gelombang dari pada *breakwater* yang lain, dimana sudut pada *breakwater* VI merupakan sudut terbesar diantara *breakwater* yang lain yaitu dengan β_1 : 75 derajat dan β_3 : 31.9 derajat

5.2 Saran

1. Perlu adanya penelitian yang lebih lanjut terhadap stabilitas dari *submerged breakwater* bentuk segitiga ini serta bentuk-bentuk lain dari *submerged breakwater* untuk mendapatkan *breakwater* yang lebih efektif dan ekonomis.
2. Perlu ditinjau pengaruh sudut di sisi belakang *breakwater* terhadap redaman gelombang serta pengaruh kedalaman muka air terhadap koefisien transmisi gelombang.

DAFTAR PUSATAKA

- Ahrens, J. P. (1987). "Irreguler Wave Runup", **Proceeding of Coastal Structures**, American Society of Civil Engineers, pp 998-1019
- Akbar, R. (2005). *Pemodelan Pola Arus pada Sekitar Terumbu Buatan dengan Bentuk Kubah dan Kubus*. **Tugas Akhir**. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya
- Anonim. Artificial Reefs for Beach and Reef Restoration
<<http://www.reefball.com>>.
- Galvin, C. J. (1968). "Breakwater Type Classification on The Three Laboratory Beaches", **Journal of Geophysical Research**, Vol73. no.12, pp..3651-3659
- Graw, U. K. (1994). "Is The Submerged Plate Wave Energy Converter Ready to Act as A New Coastal Protecion System?". **Convegno Di Idraulica E Costru XXIV**, Idrauliche. Napoli
- Halez, L.Z (1981). "Floating Breakwater: State of the Art Literature Review", **Coastal Engineering Research Center US**. Army Engineers Waterways Experiment Station, Vickburg. Mississippi.
- Harris. (2000). "Submerged Breakwater Theory".
<[URL:http://www.scientific.go.id/beach.cgi?article&124689](http://www.scientific.go.id/beach.cgi?article&124689)>.
- Nichols, B.D. and Hirt, C.W. (1981). SOLA-VOF: A Solution Algorithm for Transient Fluid Flow with Multiple Free Boundaries. **Los Alamos Scientific Laboratory Report**. LA-8355. 119 p.
- Open University. (1989). "**Waves, Tide and Shallow-Water Processes**". Walton Hall, Milton Keynes, MK7. England.
- U.S. Army Corps of Engineers. (1940). "A Model Study of The Effect of Submerged Breakwaters on Wave Action". **Technical Memorandum No.1**. Washington,D.C.
- U.S. Army Corps of Engineers. (1986). "Design of Breakwater and Jetties". **Engineer Manual 1110-2-2904**. Washington,D.C

- U.S. Army Corps of Engineers. (1984). "The Shore Protection Manual Vol I and II",
Coastal Engineering Research Center US. Department of Army Corps of
Engineers. Washington
- Smith, E. R and Kraus, N. C (1990). "Laboratory Study on Macro-Features of Wave
Breaking Over Bars and Artificial Reefs" .Report no.90-12, **Coastal
Engineering Research Center** US. Department of Army Corps of
Engineers. Washington
- Sollitt. C. K and Cross. R. H. (1972). "Waves Reflection and Transmition on
Permeable Breakwater". Report no.147, **Coastal Engineering Research
Center** US. Department of Army Corps of Engineers. Washington.
- Rahman. (1995). **Water Waves**. Clarendon Press. Oxford. England.
- Triatmodjo, B. (1999). **Teknik Pantai**. Falkutas Teknik Universitas Gajah Mada.
Yogyakarta.

DAFTAR PUSATAKA

- Ahrens, J. P. (1987). "Irreguler Wave Runup", **Proceeding of Coastal Structures**, American Society of Civil Engineers, pp 998-1019
- Akbar, R. (2005). Pemodelan Pola Arus pada Sekitar Terumbu Buatan dengan Bentuk Kubah dan Kubus. **Tugas Akhir**. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya
- Anonim. Artificial Reefs for Beach and Reef Restoration
<<http://www.reefball.com>>.
- Galvin, C. J. (1968). "Breakwater Type Classification on The Three Laboratory Beaches", **Journal of Geophysical Research**, Vol73. no.12, pp..3651-3659
- Graw, U. K. (1994). "Is The Submerged Plate Wave Energy Converter Ready to Act as A New Coastal Protecion System?". **Convegno Di Idraulica E Costru XXIV**, Idrauliche. Napoli
- Halez, L.Z (1981). "Floating Breakwater: State of the Art Literature Review", **Coastal Engineering Research Center US**. Army Engineers Waterways Experiment Station, Vickburg. Mississippi.
- Harris. (2000). "Submerged Breakwater Theory".
<[URL:http://www.scientific.go.id/beach.cgi?article&124689](http://www.scientific.go.id/beach.cgi?article&124689)>.
- Nichols, B.D. and Hirt, C.W. (1981). SOLA-VOF: A Solution Algorithm for Transient Fluid Flow with Multiple Free Boundaries. **Los Alamos Scientific Laboratory Report**. LA-8355. 119 p.
- Open University. (1989). "**Waves, Tide and Shallow-Water Processes**". Walton Hall, Milton Keynes, MK7. England.
- U.S. Army Corps of Engineers. (1940). "A Model Study of The Effect of Submerged Breakwaters on Wave Action". **Technical Memorandum No.1**. Washington,D.C.
- U.S. Army Corps of Engineers. (1986). "Design of Breakwater and Jetties". **Engineer Manual 1110-2-2904**. Washington,D.C

- U.S. Army Corps of Engineers. (1984). "The Shore Protection Manual Vol I and II",
Coastal Engineering Research Center US. Department of Army Corps of Engineers. Washington
- Smith, E. R and Kraus, N. C (1990). "Laboratory Study on Macro-Features of Wave Breaking Over Bars and Artificial Reefs" .Report no.90-12, **Coastal Engineering Research Center** US. Department of Army Corps of Engineers. Washington
- Sollitt. C. K and Cross. R. H. (1972). "Waves Reflection and Transmition on Permeable Breakwater". Report no.147, **Coastal Engineering Research Center** US. Department of Army Corps of Engineers. Washington.
- Rahman. (1995). **Water Waves**. Clarendon Press. Oxford. England.
- Triatmodjo, B. (1999). **Teknik Pantai**. Falkutas Teknik Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.

Prepin Breakwater Validasi III

\$xput

remark='units are mks',
twfin=120.0, remark='set finish time',
gz=-9.81, remark='coefficient of gravity force',
ipdis=1, remark='uniform hydrostatic pressure',
itb=1, remark='free surface tracking enabled',
prtdt=1000.0, remark='limit in hd3out',
hpltdt=1., remark='set interval for history plot',
pltdt=1., remark='time interval between spatial plots in flsgrf/flsplt',
iadiz=1, remark='pressure iteration use line implicit methods',
iadix=1,
epsadj=1., remark='active multiplier for calculated pressure iteration
convergence',
nmat=1, remark='number of materials',
ifvis=0, remark='k-e turbulence model, viscosity flag, set 0 for no turbulence',
dum1=6.15, remark='dum1 is wave angular frequency, T=1.02 sec',
dum2=3.876, remark='dum2 is wave number, L=1.62m',
dum3=0.075, remark='dum3 is wave amplitude, H=0.15.0m',
isolid=0,

\$end

\$limits

irpr=1, remark='print window maximum x cell index',
jbkpr=1,
ktpr=1,

\$end

\$props

rhof=1000.0, remark='water density',
mul=0.001, remark='water coefficient dynamic viscosity',

\$end

\$bcdata

flhtl=0.38, remark='water depth',
wl=6, remark='specified velocity boundary condition, in this case 0',
wr=2, remark='rigid wall boundary condition, set 3 for continuative bc',
wt=1, remark='symmetry plane boundary condition',
wb=1,
wbk=1,

\$end

\$mesh

nxcelt=800, remark='total cell at x direction',
px(1)=-21., nxcell(1)=520, remark='fine: -50_40:90,40_80:90,80_90:10',
px(2)=5., nxcell(2)=220,
px(3)=9., nxcell(3)=60,
px(4)=12.,
nzcelt=12,
pz(1)=0.0, nzcell(1)=12,
pz(2)=0.6,

\$end

```
$obs
nobs=1,                remark='number of obstacle',
$end
$fl
flht=0.38,
$end
$bf
$end
$temp
$end
$gratic
  xloc(1)=-20., yloc(1)=0., zloc(1)=0.381,
  xloc(2)=5., yloc(2)=0., zloc(2)=0.381,
  xloc(3)=10., yloc(3)=0., zloc(3)=0.381,
  xloc(4)=4., yloc(4)=0., zloc(4)=0.381,
  xloc(5)=6., yloc(5)=0., zloc(5)=0.381,
  xloc(6)=7., yloc(6)=0., zloc(6)=0.381,
  xloc(7)=8., yloc(7)=0., zloc(7)=0.381,
  xloc(8)=9., yloc(8)=0., zloc(8)=0.381,
$end
$parts
$end
```


Prepin Breakwater Sudut 25 Derajad (Breakwater I)

\$xput

remark='units are mks',
twfin=120.0, remark='set finish time',
gz=-9.81, remark='coefficient of gravity force',
ipdis=1, remark='uniform hydrostatic pressure',
itb=1, remark='free surface tracking enabled',
prtdt=1000.0, remark='limit in hd3out',
hpltdt=1., remark='set interval for history plot',
pltdt=1., remark='time interval between spatial plots in flsgrf/flsplt',
iadiz=1, remark='pressure iteration use line implicit methods',
iadix=1,
epsadj=1., remark='active multiplier for calculated pressure iteration
convergence',
nmat=1, remark='number of materials',
ifvis=0, remark='k-e turbulence model, viscosity flag, set 0 for no turbulence',
dum1=6.15, remark='dum1 is wave angular frequency, T=1.02 sec',
dum2=3.876, remark='dum2 is wave number, L=1.62m',
dum3=0.075, remark='dum3 is wave amplitude, H=0.15.0m',
isolid=0,

\$end

\$limits

irpr=1, remark='print window maximum x cell index',
jbkpr=1,
ktp=1,

\$end

\$props

rhof=1000.0, remark='water density',
mul=0.001, remark='water coefficient dynamic viscosity',

\$end

\$bcdata

flhtl=0.38, remark='water depth',
wl=6, remark='specified velocity boundary condition, in this case 0',
wr=2, remark='rigid wall boundary condition, set 3 for continuative bc',
wt=1, remark='symmetry plane boundary condition',
wb=1,
wbk=1,

\$end

\$mesh

nxcelt=800, remark='total cell at x direction',
px(1)=-21., nxcell(1)=520, remark='fine: -50_40:90,40_80:90,80_90:10',
px(2)=5., nxcell(2)=220,
px(3)=9., nxcell(3)=60,
px(4)=12.,
nzcelt=12,
pz(1)=0.0, nzcell(1)=12,
pz(2)=0.6,

\$end

\$obs

nobs=1, remark='number of obstacle',
iob(1)=1, cx(1)=-0.033, cz(1)=1.0, remark='define shoreline',
iob(2)=1, cx(2)=-1.275, cz(2)=1., xh(2)=0.299, trnx(2)=6.096,
iob(3)=1, cx(3)=0.533, cz(3)=1.0, xl(3)=-0.714, trnx(3)=7.109,

\$end

\$fl

flht=0.38,

\$end

\$bf

\$end

\$temp

\$end

\$grafic

xloc(1)=-20., yloc(1)=0., zloc(1)=0.381,
xloc(2)=5., yloc(2)=0., zloc(2)=0.381,
xloc(3)=10., yloc(3)=0., zloc(3)=0.381,
xloc(4)=4., yloc(4)=0., zloc(4)=0.381,
xloc(5)=6., yloc(5)=0., zloc(5)=0.381,
xloc(6)=7., yloc(6)=0., zloc(6)=0.381,
xloc(7)=8., yloc(7)=0., zloc(7)=0.381,
xloc(8)=9., yloc(8)=0., zloc(8)=0.381,

\$end

\$parts

\$end

Prepin Breakwater Sudut 75 Derajad (Breakwater III)

Surf Similarity Equal to 0.264

Model without structure 5% slope

\$xput

remark='units are mks',
twfin=120.0, remark='set finish time',
gz=-9.81, remark='coefficient of gravity force',
ipdis=1, remark='uniform hydrostatic pressure',
itb=1, remark='free surface tracking enabled',
prtdt=1000.0, remark='limit in hd3out',
hpltdt=1., remark='set interval for history plot',
pltdt=1., remark='time interval between spatial plots in flsgrf/flsplt',
iadiz=1, remark='pressure iteration use line implicit methods',
iadix=1,
epsadj=1., remark='active multiplier for calculated pressure iteration
convergence',
nmat=1, remark='number of materials',
ifvis=0, remark='k-e turbulence model, viscosity flag, set 0 for no turbulence',
dum1=6.15, remark='dum1 is wave angular frequency, T=1.02 sec',
dum2=3.876, remark='dum2 is wave number, L=1.62m',
dum3=0.075, remark='dum3 is wave amplitude, H=0.15.0m',
isolid=0,

\$end

\$limits

irpr=1, remark='print window maximum x cell index',
jbkpr=1,
ktp=1,

\$end

\$props

rhof=1000.0, remark='water density',
mul=0.001, remark='water coefficient dynamic viscosity',

\$end

\$bcdata

flhtl=0.38, remark='water depth',
wl=6, remark='specified velocity boundary condition, in this case 0',
wr=2, remark='rigid wall boundary condition, set 3 for continuative bc',
wt=1, remark='symmetry plane boundary condition',
wb=1,
wbk=1,

\$end

\$mesh

nxcelt=800, remark='total cell at x direction',
px(1)=-21., nxcell(1)=520, remark='fine: -50_40:90,40_80:90,80_90:10',
px(2)=5., nxcell(2)=220,
px(3)=9., nxcell(3)=60,
px(4)=12.,
nzcelt=12,

```
pz(1)=0.0,  nzcell(1)=12,  
pz(2)=0.6,  
$end  
$obs  
nobs=1,                      remark='number of obstacle',  
iob(1)=1, cx(1)=-0.033, cz(1)=1.0, remark='define shoreline',  
iob(2)=1, cx(2)=-4.297, cz(2)=1., xh(2)=0.088, trnx(2)=6.096,  
iob(3)=1, cx(3)=0.533, cz(3)=1.0, xl(3)=-0.714, trnx(3)=6.896,  
$end  
$fl  
flht=0.38,  
$end  
$bf  
$end  
$temp  
$end  
$grafic  
  xloc(1)=-20., yloc(1)=0., zloc(1)=0.381,  
  xloc(2)=5.,  yloc(2)=0., zloc(2)=0.381,  
  xloc(3)=10., yloc(3)=0., zloc(3)=0.381,  
  xloc(4)=4.,  yloc(4)=0., zloc(4)=0.381,  
  xloc(5)=6.,  yloc(5)=0., zloc(5)=0.381,  
  xloc(6)=7.,  yloc(6)=0., zloc(6)=0.381,  
  xloc(7)=8.,  yloc(7)=0., zloc(7)=0.381,  
  xloc(8)=9.,  yloc(8)=0., zloc(8)=0.381,  
$end  
$parts  
$end
```


Hasil Output Dari Breakwater Sudut 75 Derajat (Breakwater III)

Time Step	Panjang Wave Tank						
	- 20 m	4 m	5 m	6 m	7 m	8 m	9 m
1.30E-02	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01
9.99E-01	3.72E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01
2.00E+00	3.62E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01
3.00E+00	3.67E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.78E-01
4.00E+00	3.69E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.78E-01	3.77E-01
5.00E+00	3.70E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.78E-01	3.77E-01	3.78E-01
6.00E+00	3.76E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.79E-01	3.77E-01	3.79E-01	3.77E-01
7.00E+00	3.78E-01	3.79E-01	3.80E-01	3.78E-01	3.79E-01	3.77E-01	3.78E-01
8.00E+00	3.80E-01	3.78E-01	3.78E-01	3.79E-01	3.78E-01	3.78E-01	3.78E-01
9.01E+00	3.87E-01	3.79E-01	3.78E-01	3.79E-01	3.78E-01	3.79E-01	3.80E-01
1.00E+01	3.90E-01	3.79E-01	3.78E-01	3.78E-01	3.79E-01	3.81E-01	3.82E-01
1.10E+01	3.95E-01	3.78E-01	3.78E-01	3.79E-01	3.82E-01	3.83E-01	3.81E-01
1.20E+01	3.94E-01	3.79E-01	3.79E-01	3.81E-01	3.84E-01	3.81E-01	3.80E-01
1.30E+01	4.00E-01	3.85E-01	3.89E-01	3.82E-01	3.80E-01	3.82E-01	3.81E-01
1.40E+01	4.07E-01	3.98E-01	3.99E-01	3.87E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.82E-01
1.50E+01	4.12E-01	4.02E-01	4.08E-01	4.07E-01	3.86E-01	3.80E-01	3.80E-01
1.60E+01	4.16E-01	4.09E-01	4.10E-01	4.09E-01	3.97E-01	3.90E-01	3.80E-01
1.70E+01	4.21E-01	4.26E-01	4.03E-01	4.06E-01	4.04E-01	3.96E-01	3.94E-01
1.80E+01	4.28E-01	4.26E-01	4.00E-01	4.17E-01	4.00E-01	4.03E-01	3.97E-01
1.90E+01	4.32E-01	4.32E-01	3.99E-01	4.29E-01	3.95E-01	4.12E-01	4.01E-01
2.00E+01	4.33E-01	4.31E-01	3.92E-01	4.35E-01	3.94E-01	4.11E-01	4.14E-01
2.10E+01	4.31E-01	4.40E-01	3.89E-01	4.38E-01	3.94E-01	4.09E-01	4.26E-01
2.20E+01	4.24E-01	4.54E-01	3.98E-01	4.34E-01	3.95E-01	4.07E-01	4.29E-01
2.30E+01	4.10E-01	4.49E-01	3.94E-01	4.17E-01	3.93E-01	4.37E-01	4.38E-01
2.40E+01	4.01E-01	4.33E-01	4.16E-01	3.90E-01	3.95E-01	4.27E-01	4.24E-01
2.50E+01	3.93E-01	4.10E-01	4.04E-01	3.98E-01	3.98E-01	4.27E-01	4.28E-01
2.60E+01	3.85E-01	4.19E-01	3.92E-01	3.80E-01	4.16E-01	4.27E-01	4.30E-01
2.70E+01	3.76E-01	4.15E-01	3.96E-01	3.85E-01	4.14E-01	4.44E-01	4.34E-01
2.80E+01	3.70E-01	4.08E-01	3.94E-01	3.93E-01	4.15E-01	4.58E-01	4.34E-01
2.90E+01	3.64E-01	4.28E-01	3.96E-01	3.94E-01	4.20E-01	4.84E-01	4.35E-01
3.00E+01	3.62E-01	4.34E-01	4.01E-01	4.02E-01	4.17E-01	4.42E-01	4.46E-01
3.10E+01	3.59E-01	4.50E-01	3.91E-01	4.18E-01	4.19E-01	4.31E-01	4.60E-01
3.20E+01	3.56E-01	4.36E-01	3.94E-01	4.30E-01	4.22E-01	4.23E-01	4.81E-01
3.30E+01	3.53E-01	4.65E-01	3.92E-01	4.41E-01	4.22E-01	4.18E-01	4.37E-01
3.40E+01	3.51E-01	4.50E-01	3.90E-01	4.45E-01	4.24E-01	4.17E-01	4.25E-01
3.50E+01	3.47E-01	4.43E-01	3.87E-01	4.60E-01	4.24E-01	4.16E-01	4.18E-01
3.60E+01	3.42E-01	4.36E-01	3.80E-01	4.50E-01	4.26E-01	4.13E-01	4.15E-01
3.70E+01	3.37E-01	4.13E-01	3.78E-01	4.41E-01	4.40E-01	4.14E-01	4.15E-01
3.80E+01	3.37E-01	4.04E-01	3.96E-01	4.40E-01	4.50E-01	4.21E-01	4.12E-01
3.90E+01	3.40E-01	4.04E-01	4.10E-01	4.30E-01	4.34E-01	4.30E-01	4.15E-01
4.00E+01	3.39E-01	3.92E-01	4.12E-01	3.96E-01	4.29E-01	4.40E-01	4.22E-01
4.10E+01	3.42E-01	3.87E-01	4.21E-01	3.88E-01	4.30E-01	4.43E-01	4.39E-01
4.20E+01	3.49E-01	3.88E-01	4.23E-01	3.84E-01	4.27E-01	4.47E-01	4.43E-01
4.30E+01	3.65E-01	3.95E-01	4.19E-01	3.86E-01	4.29E-01	4.27E-01	4.42E-01
4.40E+01	3.67E-01	3.97E-01	4.06E-01	3.95E-01	4.25E-01	4.30E-01	4.45E-01
4.50E+01	3.68E-01	3.99E-01	4.00E-01	4.24E-01	4.37E-01	4.33E-01	4.46E-01

4.60E+01	3.70E-01	4.18E-01	4.01E-01	4.41E-01	4.33E-01	4.46E-01	4.42E-01
4.70E+01	3.72E-01	4.37E-01	3.97E-01	4.63E-01	4.41E-01	4.38E-01	4.33E-01
4.80E+01	3.73E-01	4.50E-01	4.09E-01	4.52E-01	4.40E-01	4.20E-01	4.24E-01
4.90E+01	3.77E-01	4.38E-01	3.97E-01	4.56E-01	4.24E-01	4.12E-01	4.09E-01
5.00E+01	3.78E-01	4.59E-01	3.92E-01	4.42E-01	4.11E-01	4.04E-01	4.06E-01
5.10E+01	3.78E-01	4.59E-01	4.00E-01	4.45E-01	4.08E-01	3.99E-01	4.08E-01
5.20E+01	3.82E-01	4.51E-01	4.04E-01	4.56E-01	4.02E-01	4.12E-01	4.08E-01
5.30E+01	3.85E-01	4.64E-01	4.04E-01	4.62E-01	4.07E-01	4.06E-01	4.27E-01
5.40E+01	3.91E-01	4.85E-01	4.15E-01	4.34E-01	4.18E-01	4.11E-01	4.27E-01
5.50E+01	4.00E-01	4.72E-01	4.40E-01	4.27E-01	4.12E-01	4.19E-01	4.23E-01
5.60E+01	4.07E-01	4.53E-01	4.46E-01	4.32E-01	4.15E-01	4.20E-01	4.34E-01
5.70E+01	4.11E-01	4.46E-01	4.64E-01	4.11E-01	4.35E-01	4.40E-01	4.84E-01
5.80E+01	4.17E-01	4.25E-01	4.66E-01	4.18E-01	4.33E-01	4.53E-01	4.58E-01
5.90E+01	4.27E-01	4.14E-01	4.63E-01	4.24E-01	4.41E-01	4.58E-01	4.35E-01
6.00E+01	4.37E-01	4.10E-01	4.60E-01	4.20E-01	4.79E-01	4.44E-01	4.39E-01
6.10E+01	4.44E-01	4.10E-01	4.58E-01	4.30E-01	4.75E-01	4.39E-01	4.38E-01
6.20E+01	4.46E-01	4.13E-01	4.71E-01	4.24E-01	4.69E-01	4.37E-01	4.33E-01
6.30E+01	4.50E-01	4.19E-01	4.74E-01	4.15E-01	4.77E-01	4.39E-01	4.40E-01
6.40E+01	4.54E-01	4.16E-01	4.50E-01	4.07E-01	4.82E-01	4.51E-01	4.53E-01
6.50E+01	4.58E-01	4.24E-01	4.47E-01	4.03E-01	4.67E-01	4.50E-01	4.51E-01
6.60E+01	4.60E-01	4.38E-01	4.52E-01	4.21E-01	4.36E-01	4.63E-01	4.45E-01
6.70E+01	4.63E-01	4.54E-01	4.61E-01	4.19E-01	4.38E-01	4.67E-01	4.58E-01
6.80E+01	4.61E-01	4.59E-01	4.42E-01	4.30E-01	4.45E-01	4.66E-01	4.61E-01
6.90E+01	4.55E-01	4.59E-01	4.45E-01	4.35E-01	4.36E-01	4.70E-01	4.48E-01
7.00E+01	4.54E-01	4.63E-01	4.39E-01	4.24E-01	4.37E-01	4.79E-01	4.32E-01
7.10E+01	4.49E-01	4.55E-01	4.22E-01	4.30E-01	4.39E-01	4.76E-01	4.39E-01
7.20E+01	4.44E-01	4.75E-01	4.19E-01	4.25E-01	4.31E-01	4.51E-01	4.49E-01
7.30E+01	4.34E-01	4.68E-01	4.13E-01	4.40E-01	4.21E-01	4.71E-01	4.51E-01
7.40E+01	4.19E-01	4.47E-01	4.02E-01	4.43E-01	4.23E-01	4.76E-01	4.57E-01
7.50E+01	4.06E-01	4.33E-01	4.05E-01	4.65E-01	4.23E-01	4.31E-01	4.61E-01
7.60E+01	4.02E-01	4.24E-01	4.10E-01	4.74E-01	4.29E-01	4.28E-01	4.69E-01
7.70E+01	3.96E-01	4.23E-01	4.23E-01	4.74E-01	4.36E-01	4.25E-01	4.77E-01
7.80E+01	3.94E-01	4.28E-01	4.48E-01	4.37E-01	4.48E-01	4.29E-01	4.35E-01
7.90E+01	4.02E-01	4.24E-01	4.60E-01	4.15E-01	4.68E-01	4.31E-01	4.31E-01
8.00E+01	4.08E-01	4.29E-01	4.74E-01	4.05E-01	4.38E-01	4.43E-01	4.36E-01
8.10E+01	4.08E-01	4.23E-01	4.78E-01	4.06E-01	4.30E-01	4.45E-01	4.39E-01
8.20E+01	4.06E-01	4.24E-01	4.66E-01	4.07E-01	4.30E-01	4.70E-01	4.37E-01
8.30E+01	4.05E-01	4.28E-01	4.62E-01	4.08E-01	4.28E-01	4.62E-01	4.48E-01
8.40E+01	3.93E-01	4.31E-01	4.43E-01	4.17E-01	4.25E-01	4.76E-01	4.38E-01
8.50E+01	3.89E-01	4.43E-01	4.39E-01	4.13E-01	4.27E-01	4.47E-01	4.41E-01
8.60E+01	3.92E-01	4.47E-01	4.28E-01	4.28E-01	4.27E-01	4.47E-01	4.50E-01
8.70E+01	3.85E-01	4.43E-01	4.16E-01	4.19E-01	4.23E-01	4.30E-01	4.48E-01
8.80E+01	3.88E-01	4.44E-01	4.09E-01	4.37E-01	4.20E-01	4.41E-01	4.78E-01
8.90E+01	3.91E-01	4.47E-01	4.03E-01	4.53E-01	4.22E-01	4.22E-01	4.51E-01
9.00E+01	3.90E-01	4.44E-01	4.08E-01	4.57E-01	4.25E-01	4.20E-01	4.37E-01
9.10E+01	3.95E-01	4.40E-01	4.13E-01	4.63E-01	4.28E-01	4.24E-01	4.32E-01
9.20E+01	3.95E-01	4.40E-01	4.26E-01	4.65E-01	4.29E-01	4.25E-01	4.28E-01
9.30E+01	3.95E-01	4.97E-01	4.24E-01	4.81E-01	4.39E-01	4.25E-01	4.42E-01
9.40E+01	3.97E-01	5.07E-01	4.98E-01	4.28E-01	4.41E-01	4.35E-01	4.27E-01
9.50E+01	3.99E-01	4.30E-01	4.74E-01	4.49E-01	4.31E-01	4.58E-01	4.77E-01
9.60E+01	4.01E-01	4.33E-01	4.54E-01	4.93E-01	4.75E-01	4.72E-01	4.45E-01
9.70E+01	4.06E-01	4.23E-01	4.84E-01	4.83E-01	4.49E-01	4.46E-01	4.51E-01

9.80E+01	4.05E-01	4.30E-01	4.38E-01	4.51E-01	4.36E-01	4.38E-01	4.62E-01
9.90E+01	4.09E-01	4.53E-01	4.45E-01	4.14E-01	4.47E-01	4.34E-01	4.66E-01
1.00E+02	4.14E-01	4.33E-01	4.29E-01	4.42E-01	4.36E-01	4.42E-01	4.85E-01
1.01E+02	4.14E-01	4.66E-01	4.33E-01	4.16E-01	4.79E-01	4.95E-01	4.41E-01
1.02E+02	4.19E-01	4.65E-01	4.36E-01	4.34E-01	4.74E-01	4.60E-01	4.87E-01
1.03E+02	4.24E-01	4.71E-01	4.35E-01	4.64E-01	4.63E-01	5.05E-01	4.57E-01
1.04E+02	4.27E-01	4.94E-01	4.66E-01	4.56E-01	4.84E-01	4.70E-01	4.86E-01
1.05E+02	4.28E-01	4.96E-01	4.43E-01	4.61E-01	4.88E-01	4.68E-01	4.59E-01
1.06E+02	4.32E-01	4.73E-01	4.48E-01	4.68E-01	4.44E-01	4.98E-01	4.75E-01
1.07E+02	4.45E-01	4.63E-01	4.56E-01	4.98E-01	4.61E-01	4.34E-01	4.71E-01
1.08E+02	4.49E-01	4.65E-01	4.15E-01	5.00E-01	4.37E-01	4.23E-01	5.34E-01
1.09E+02	4.50E-01	4.44E-01	4.30E-01	4.87E-01	4.35E-01	4.59E-01	4.59E-01
1.10E+02	4.54E-01	4.47E-01	4.19E-01	4.76E-01	4.48E-01	4.58E-01	4.51E-01
1.11E+02	4.56E-01	4.79E-01	4.23E-01	4.85E-01	4.62E-01	4.45E-01	4.75E-01
1.12E+02	4.64E-01	4.54E-01	4.40E-01	4.95E-01	4.54E-01	4.34E-01	4.81E-01
1.13E+02	4.68E-01	4.52E-01	4.34E-01	4.92E-01	4.50E-01	4.41E-01	4.41E-01
1.14E+02	4.75E-01	4.72E-01	4.20E-01	4.83E-01	4.58E-01	4.42E-01	4.37E-01
1.15E+02	4.90E-01	4.53E-01	4.35E-01	5.01E-01	4.45E-01	4.41E-01	4.64E-01
1.16E+02	5.01E-01	4.66E-01	4.52E-01	4.97E-01	4.46E-01	4.36E-01	4.45E-01
1.17E+02	5.05E-01	4.50E-01	4.40E-01	5.05E-01	4.54E-01	4.29E-01	4.56E-01
1.18E+02	5.10E-01	4.59E-01	4.51E-01	4.98E-01	4.47E-01	4.40E-01	4.54E-01
1.19E+02	4.99E-01	4.62E-01	4.34E-01	5.21E-01	4.68E-01	4.32E-01	4.56E-01
1.20E+02	4.79E-01	4.76E-01	4.33E-01	5.24E-01	4.57E-01	4.46E-01	4.50E-01

Hasil Output Dari Breakwater Sudut 25 Derajad (Breakwater I)

Time Step	Panjang Wave Tank						
	- 20 m	4 m	5 m	6 m	7 m	8 m	9 m
1.30E-02	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01
9.99E-01	3.72E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.81E-01	3.81E-01	3.80E-01	3.80E-01
2.00E+00	3.62E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01
3.00E+00	3.67E-01	3.79E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.79E-01	3.78E-01
4.00E+00	3.69E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.79E-01	3.77E-01
5.00E+00	3.70E-01	3.80E-01	3.81E-01	3.80E-01	3.78E-01	3.77E-01	3.79E-01
6.00E+00	3.76E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.79E-01	3.76E-01	3.79E-01	3.78E-01
7.00E+00	3.78E-01	3.79E-01	3.80E-01	3.78E-01	3.79E-01	3.77E-01	3.78E-01
8.00E+00	3.80E-01	3.78E-01	3.78E-01	3.79E-01	3.78E-01	3.78E-01	3.78E-01
9.01E+00	3.87E-01	3.79E-01	3.78E-01	3.79E-01	3.79E-01	3.79E-01	3.80E-01
1.00E+01	3.90E-01	3.79E-01	3.78E-01	3.78E-01	3.79E-01	3.81E-01	3.82E-01
1.10E+01	3.95E-01	3.78E-01	3.78E-01	3.79E-01	3.82E-01	3.83E-01	3.81E-01
1.20E+01	3.94E-01	3.79E-01	3.80E-01	3.81E-01	3.84E-01	3.81E-01	3.81E-01
1.30E+01	4.00E-01	3.85E-01	3.89E-01	3.82E-01	3.80E-01	3.82E-01	3.81E-01
1.40E+01	4.07E-01	3.98E-01	3.99E-01	3.86E-01	3.81E-01	3.80E-01	3.82E-01
1.50E+01	4.11E-01	4.01E-01	4.09E-01	4.06E-01	3.86E-01	3.81E-01	3.80E-01
1.60E+01	4.17E-01	4.10E-01	4.10E-01	4.10E-01	3.95E-01	3.90E-01	3.81E-01
1.70E+01	4.24E-01	4.25E-01	4.04E-01	4.08E-01	4.03E-01	3.95E-01	3.93E-01
1.80E+01	4.28E-01	4.29E-01	4.01E-01	4.16E-01	3.95E-01	4.01E-01	3.96E-01
1.90E+01	4.32E-01	4.31E-01	3.98E-01	4.24E-01	3.93E-01	4.13E-01	4.00E-01
2.00E+01	4.32E-01	4.30E-01	3.95E-01	4.28E-01	3.90E-01	4.10E-01	4.12E-01
2.10E+01	4.31E-01	4.36E-01	3.92E-01	4.30E-01	3.91E-01	4.15E-01	4.26E-01
2.20E+01	4.25E-01	4.51E-01	3.97E-01	4.24E-01	3.91E-01	4.25E-01	4.22E-01
2.30E+01	4.11E-01	4.26E-01	3.91E-01	3.99E-01	3.90E-01	4.29E-01	4.16E-01
2.40E+01	4.00E-01	4.28E-01	4.04E-01	3.94E-01	3.92E-01	4.24E-01	4.25E-01
2.50E+01	3.94E-01	4.02E-01	3.88E-01	4.02E-01	3.95E-01	4.15E-01	4.22E-01
2.60E+01	3.85E-01	4.16E-01	3.81E-01	3.97E-01	4.12E-01	4.24E-01	4.25E-01
2.70E+01	3.76E-01	4.21E-01	3.89E-01	4.05E-01	4.05E-01	4.48E-01	4.31E-01
2.80E+01	3.67E-01	4.33E-01	3.83E-01	4.07E-01	4.16E-01	4.69E-01	4.33E-01
2.90E+01	3.62E-01	4.80E-01	3.94E-01	4.00E-01	4.16E-01	4.42E-01	4.39E-01
3.00E+01	3.60E-01	4.87E-01	4.04E-01	4.06E-01	4.17E-01	4.27E-01	4.64E-01
3.10E+01	3.59E-01	4.68E-01	4.09E-01	4.08E-01	4.22E-01	4.24E-01	4.84E-01
3.20E+01	3.58E-01	4.72E-01	4.01E-01	4.27E-01	4.22E-01	4.23E-01	4.30E-01
3.30E+01	3.55E-01	4.66E-01	3.95E-01	4.25E-01	4.26E-01	4.15E-01	4.30E-01
3.40E+01	3.53E-01	4.59E-01	4.08E-01	4.29E-01	4.26E-01	4.17E-01	4.18E-01
3.50E+01	3.48E-01	4.46E-01	4.00E-01	4.38E-01	4.30E-01	4.14E-01	4.15E-01
3.60E+01	3.46E-01	4.32E-01	3.94E-01	4.42E-01	4.44E-01	4.14E-01	4.12E-01
3.70E+01	3.42E-01	4.06E-01	4.02E-01	4.56E-01	4.51E-01	4.22E-01	4.12E-01
3.80E+01	3.40E-01	3.90E-01	4.09E-01	4.33E-01	4.48E-01	4.31E-01	4.15E-01
3.90E+01	3.40E-01	3.87E-01	4.13E-01	4.23E-01	4.31E-01	4.31E-01	4.15E-01
4.00E+01	3.39E-01	3.82E-01	4.13E-01	4.30E-01	4.20E-01	4.34E-01	4.27E-01
4.10E+01	3.41E-01	3.81E-01	4.11E-01	4.05E-01	4.22E-01	4.43E-01	4.28E-01
4.20E+01	3.47E-01	3.83E-01	4.16E-01	4.16E-01	4.24E-01	4.34E-01	4.34E-01
4.30E+01	3.58E-01	3.92E-01	4.07E-01	4.23E-01	4.18E-01	4.21E-01	4.32E-01
4.40E+01	3.64E-01	3.95E-01	3.97E-01	4.23E-01	4.24E-01	4.15E-01	4.31E-01
4.50E+01	3.69E-01	4.02E-01	3.83E-01	4.50E-01	4.24E-01	4.37E-01	4.24E-01
4.60E+01	3.71E-01	4.15E-01	3.92E-01	4.37E-01	4.40E-01	4.49E-01	4.44E-01
4.70E+01	3.73E-01	4.25E-01	3.84E-01	4.57E-01	4.43E-01	4.30E-01	4.30E-01

4.80E+01	3.74E-01	4.31E-01	4.00E-01	4.25E-01	4.17E-01	4.23E-01	4.13E-01
4.90E+01	3.73E-01	4.53E-01	3.92E-01	4.27E-01	4.12E-01	4.07E-01	4.12E-01
5.00E+01	3.78E-01	4.46E-01	4.06E-01	4.20E-01	4.12E-01	4.05E-01	4.06E-01
5.10E+01	3.80E-01	4.55E-01	4.02E-01	4.18E-01	4.08E-01	4.07E-01	4.26E-01
5.20E+01	3.86E-01	4.65E-01	4.15E-01	4.18E-01	4.10E-01	4.05E-01	4.17E-01
5.30E+01	3.89E-01	4.58E-01	4.16E-01	4.13E-01	4.16E-01	4.10E-01	4.24E-01
5.40E+01	3.93E-01	4.70E-01	4.19E-01	4.15E-01	4.13E-01	4.16E-01	4.27E-01
5.50E+01	3.98E-01	4.71E-01	4.38E-01	4.05E-01	4.18E-01	4.15E-01	4.32E-01
5.60E+01	4.02E-01	4.58E-01	4.62E-01	4.20E-01	4.22E-01	4.21E-01	4.23E-01
5.70E+01	4.11E-01	4.34E-01	4.73E-01	4.29E-01	4.29E-01	4.29E-01	4.85E-01
5.80E+01	4.18E-01	4.34E-01	4.61E-01	4.28E-01	4.38E-01	4.75E-01	4.65E-01
5.90E+01	4.25E-01	4.29E-01	4.56E-01	4.51E-01	4.46E-01	4.48E-01	4.40E-01
6.00E+01	4.33E-01	4.30E-01	4.51E-01	4.47E-01	4.51E-01	4.45E-01	4.38E-01
6.10E+01	4.32E-01	4.25E-01	4.58E-01	4.48E-01	4.55E-01	4.33E-01	4.79E-01
6.20E+01	4.41E-01	4.13E-01	4.70E-01	4.35E-01	4.52E-01	4.33E-01	4.39E-01
6.30E+01	4.47E-01	4.16E-01	4.73E-01	4.26E-01	4.59E-01	4.30E-01	4.45E-01
6.40E+01	4.51E-01	4.16E-01	4.38E-01	4.20E-01	4.68E-01	4.34E-01	4.49E-01
6.50E+01	4.56E-01	4.19E-01	4.32E-01	4.19E-01	4.87E-01	4.51E-01	4.46E-01
6.60E+01	4.60E-01	4.20E-01	4.31E-01	4.31E-01	4.47E-01	4.50E-01	4.65E-01
6.70E+01	4.59E-01	4.60E-01	4.35E-01	4.26E-01	4.40E-01	4.82E-01	4.47E-01
6.80E+01	4.54E-01	4.60E-01	4.35E-01	4.39E-01	4.41E-01	4.87E-01	4.46E-01
6.90E+01	4.52E-01	4.87E-01	4.38E-01	4.29E-01	4.42E-01	4.51E-01	4.78E-01
7.00E+01	4.51E-01	4.74E-01	4.30E-01	4.41E-01	4.31E-01	4.57E-01	4.73E-01
7.10E+01	4.49E-01	4.78E-01	4.32E-01	4.38E-01	4.31E-01	4.59E-01	4.67E-01
7.20E+01	4.47E-01	4.90E-01	4.23E-01	4.30E-01	4.34E-01	4.69E-01	4.57E-01
7.30E+01	4.34E-01	4.81E-01	4.13E-01	4.33E-01	4.35E-01	4.34E-01	4.54E-01
7.40E+01	4.25E-01	4.78E-01	4.20E-01	4.33E-01	4.29E-01	4.85E-01	4.62E-01
7.50E+01	4.10E-01	4.39E-01	4.15E-01	4.38E-01	4.28E-01	4.78E-01	4.50E-01
7.60E+01	4.00E-01	4.31E-01	4.18E-01	4.39E-01	4.26E-01	4.41E-01	4.49E-01
7.70E+01	3.97E-01	4.24E-01	4.30E-01	4.50E-01	4.29E-01	4.33E-01	4.65E-01
7.80E+01	3.91E-01	4.15E-01	4.40E-01	4.76E-01	4.35E-01	4.26E-01	4.84E-01
7.90E+01	3.92E-01	4.10E-01	4.54E-01	4.86E-01	4.42E-01	4.33E-01	4.38E-01
8.00E+01	4.08E-01	4.11E-01	4.63E-01	4.32E-01	4.56E-01	4.30E-01	4.39E-01
8.10E+01	4.18E-01	4.16E-01	4.71E-01	4.13E-01	4.78E-01	4.38E-01	4.26E-01
8.20E+01	4.08E-01	4.15E-01	4.66E-01	4.22E-01	4.39E-01	4.35E-01	4.30E-01
8.30E+01	4.07E-01	4.25E-01	4.48E-01	4.16E-01	4.34E-01	4.47E-01	4.35E-01
8.40E+01	4.03E-01	4.26E-01	4.46E-01	4.27E-01	4.29E-01	4.54E-01	4.39E-01
8.50E+01	3.97E-01	4.36E-01	4.28E-01	4.23E-01	4.35E-01	4.53E-01	4.34E-01
8.60E+01	3.90E-01	4.49E-01	4.22E-01	4.23E-01	4.35E-01	4.49E-01	4.34E-01
8.70E+01	3.85E-01	4.42E-01	4.20E-01	4.25E-01	4.25E-01	4.51E-01	4.33E-01
8.80E+01	3.88E-01	4.64E-01	4.08E-01	4.23E-01	4.30E-01	4.26E-01	4.36E-01
8.90E+01	3.82E-01	4.46E-01	4.10E-01	4.30E-01	4.23E-01	4.79E-01	4.45E-01
9.00E+01	3.86E-01	4.38E-01	4.14E-01	4.43E-01	4.25E-01	4.35E-01	4.40E-01
9.10E+01	3.84E-01	4.32E-01	4.19E-01	4.46E-01	4.26E-01	4.26E-01	4.59E-01
9.20E+01	3.89E-01	4.40E-01	4.36E-01	4.48E-01	4.42E-01	4.22E-01	4.31E-01
9.30E+01	3.91E-01	4.70E-01	4.89E-01	4.45E-01	4.48E-01	4.28E-01	4.26E-01
9.40E+01	3.91E-01	4.28E-01	4.49E-01	4.54E-01	4.54E-01	4.43E-01	4.25E-01
9.50E+01	3.96E-01	4.43E-01	4.33E-01	4.87E-01	4.73E-01	4.59E-01	4.51E-01
9.60E+01	3.99E-01	4.33E-01	4.33E-01	4.59E-01	4.43E-01	4.46E-01	4.56E-01
9.70E+01	4.02E-01	4.30E-01	4.53E-01	4.46E-01	4.36E-01	4.93E-01	4.63E-01
9.80E+01	4.05E-01	4.20E-01	4.48E-01	4.58E-01	4.43E-01	4.78E-01	4.55E-01
9.90E+01	4.06E-01	4.39E-01	4.50E-01	4.20E-01	4.44E-01	4.61E-01	4.47E-01

1.00E+02	4.10E-01	4.29E-01	4.27E-01	4.40E-01	4.46E-01	4.34E-01	4.98E-01
1.01E+02	4.14E-01	4.54E-01	4.32E-01	4.24E-01	4.80E-01	5.00E-01	4.28E-01
1.02E+02	4.17E-01	4.60E-01	4.17E-01	4.78E-01	4.52E-01	4.50E-01	4.75E-01
1.03E+02	4.23E-01	5.56E-01	4.29E-01	4.28E-01	4.62E-01	4.63E-01	4.56E-01
1.04E+02	4.26E-01	4.87E-01	4.35E-01	4.65E-01	4.81E-01	4.72E-01	4.56E-01
1.05E+02	4.32E-01	4.98E-01	4.57E-01	4.67E-01	4.43E-01	4.49E-01	4.85E-01
1.06E+02	4.39E-01	5.23E-01	4.31E-01	4.93E-01	4.83E-01	4.41E-01	4.38E-01
1.07E+02	4.46E-01	4.54E-01	4.32E-01	5.01E-01	4.33E-01	4.33E-01	4.37E-01
1.08E+02	4.50E-01	4.47E-01	4.36E-01	4.70E-01	4.32E-01	4.20E-01	4.98E-01
1.09E+02	4.52E-01	4.45E-01	4.06E-01	4.46E-01	4.40E-01	4.38E-01	4.37E-01
1.10E+02	4.56E-01	4.51E-01	4.07E-01	4.67E-01	4.37E-01	4.21E-01	4.32E-01
1.11E+02	4.58E-01	4.88E-01	4.25E-01	4.63E-01	4.31E-01	4.37E-01	5.26E-01
1.12E+02	4.64E-01	4.57E-01	4.39E-01	4.63E-01	4.38E-01	4.44E-01	4.58E-01
1.13E+02	4.70E-01	4.25E-01	4.52E-01	4.71E-01	4.51E-01	4.44E-01	4.86E-01
1.14E+02	4.76E-01	4.58E-01	4.44E-01	4.85E-01	4.41E-01	4.59E-01	4.64E-01
1.15E+02	4.94E-01	4.44E-01	4.53E-01	4.68E-01	4.80E-01	4.28E-01	4.75E-01
1.16E+02	5.09E-01	4.38E-01	4.72E-01	4.69E-01	4.68E-01	4.46E-01	4.25E-01
1.17E+02	5.04E-01	4.28E-01	4.90E-01	4.68E-01	4.73E-01	4.40E-01	4.52E-01
1.18E+02	5.04E-01	4.29E-01	4.65E-01	4.58E-01	4.77E-01	4.37E-01	4.36E-01
1.19E+02	4.98E-01	4.22E-01	4.58E-01	4.74E-01	4.81E-01	4.38E-01	4.44E-01
1.20E+02	4.88E-01	4.51E-01	4.35E-01	4.78E-01	4.77E-01	4.46E-01	4.37E-01

Hasil Output Dari Breakwater Validasi III

Time Step	Panjang Wave Tank						
	- 20 m	4 m	5 m	6 m	7 m	8 m	9 m
1.30E-02	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01
9.99E-01	3.72E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.79E-01	3.81E-01	3.80E-01
2.00E+00	3.62E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.81E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01
3.00E+00	3.67E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.81E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.77E-01
4.00E+00	3.69E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.78E-01	3.77E-01
5.00E+00	3.70E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.79E-01	3.76E-01	3.79E-01
6.00E+00	3.75E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.79E-01	3.78E-01	3.78E-01	3.77E-01
7.00E+00	3.79E-01	3.79E-01	3.79E-01	3.78E-01	3.79E-01	3.78E-01	3.77E-01
8.00E+00	3.85E-01	3.78E-01	3.78E-01	3.79E-01	3.79E-01	3.78E-01	3.79E-01
9.00E+00	3.87E-01	3.79E-01	3.78E-01	3.79E-01	3.78E-01	3.78E-01	3.81E-01
9.99E+00	3.90E-01	3.79E-01	3.79E-01	3.79E-01	3.79E-01	3.80E-01	3.81E-01
1.10E+01	3.94E-01	3.79E-01	3.79E-01	3.79E-01	3.80E-01	3.84E-01	3.80E-01
1.20E+01	3.98E-01	3.79E-01	3.80E-01	3.81E-01	3.81E-01	3.81E-01	3.82E-01
1.30E+01	4.00E-01	3.84E-01	3.89E-01	3.81E-01	3.80E-01	3.80E-01	3.80E-01
1.40E+01	4.04E-01	3.97E-01	3.99E-01	3.86E-01	3.82E-01	3.80E-01	3.80E-01
1.50E+01	4.10E-01	3.99E-01	4.07E-01	4.01E-01	3.92E-01	3.81E-01	3.80E-01
1.60E+01	4.16E-01	4.04E-01	4.04E-01	4.06E-01	4.07E-01	3.88E-01	3.80E-01
1.70E+01	4.23E-01	4.21E-01	3.99E-01	4.09E-01	4.16E-01	3.94E-01	3.91E-01
1.80E+01	4.27E-01	4.33E-01	4.01E-01	4.16E-01	4.14E-01	3.99E-01	3.96E-01
1.90E+01	4.32E-01	4.33E-01	4.00E-01	4.23E-01	4.14E-01	4.03E-01	4.00E-01
2.00E+01	4.33E-01	4.29E-01	3.96E-01	4.31E-01	4.10E-01	3.99E-01	4.12E-01
2.10E+01	4.31E-01	4.63E-01	3.93E-01	4.47E-01	4.09E-01	3.94E-01	4.26E-01
2.20E+01	4.25E-01	4.56E-01	3.88E-01	4.16E-01	4.09E-01	3.95E-01	4.22E-01
2.30E+01	4.11E-01	4.48E-01	3.95E-01	4.01E-01	4.02E-01	4.00E-01	4.25E-01
2.40E+01	4.01E-01	4.27E-01	4.22E-01	3.99E-01	4.00E-01	4.46E-01	4.19E-01
2.50E+01	3.93E-01	4.06E-01	4.21E-01	3.93E-01	4.24E-01	4.22E-01	4.11E-01
2.60E+01	3.85E-01	4.04E-01	4.14E-01	3.92E-01	4.53E-01	4.19E-01	4.22E-01
2.70E+01	3.76E-01	4.04E-01	4.01E-01	3.93E-01	4.53E-01	4.28E-01	4.29E-01
2.80E+01	3.67E-01	4.06E-01	3.93E-01	3.94E-01	4.69E-01	4.36E-01	4.29E-01
2.90E+01	3.59E-01	4.15E-01	3.93E-01	4.02E-01	4.81E-01	4.36E-01	4.34E-01
3.00E+01	3.52E-01	4.25E-01	4.00E-01	4.08E-01	4.28E-01	4.58E-01	4.32E-01
3.10E+01	3.52E-01	4.44E-01	4.06E-01	4.05E-01	4.23E-01	4.39E-01	4.36E-01
3.20E+01	3.55E-01	4.50E-01	4.06E-01	4.10E-01	4.16E-01	4.34E-01	4.58E-01
3.30E+01	3.54E-01	4.52E-01	4.04E-01	4.09E-01	4.24E-01	4.23E-01	4.64E-01
3.40E+01	3.50E-01	4.50E-01	3.95E-01	4.13E-01	4.08E-01	4.22E-01	4.45E-01
3.50E+01	3.49E-01	4.51E-01	3.94E-01	4.12E-01	4.10E-01	4.26E-01	4.23E-01
3.60E+01	3.48E-01	4.64E-01	3.88E-01	4.19E-01	4.04E-01	4.16E-01	4.22E-01
3.70E+01	3.45E-01	4.39E-01	3.90E-01	4.27E-01	4.01E-01	4.11E-01	4.10E-01
3.80E+01	3.44E-01	4.31E-01	3.90E-01	4.48E-01	4.04E-01	4.08E-01	4.09E-01
3.90E+01	3.41E-01	4.32E-01	3.94E-01	4.28E-01	3.98E-01	4.06E-01	4.08E-01
4.00E+01	3.40E-01	4.29E-01	3.95E-01	4.21E-01	4.03E-01	4.09E-01	4.08E-01
4.10E+01	3.41E-01	4.39E-01	3.90E-01	4.23E-01	4.17E-01	4.14E-01	4.16E-01
4.20E+01	3.43E-01	4.42E-01	3.92E-01	4.20E-01	4.16E-01	4.06E-01	4.13E-01
4.30E+01	3.53E-01	4.51E-01	3.97E-01	4.24E-01	4.00E-01	4.05E-01	4.00E-01
4.40E+01	3.65E-01	4.72E-01	4.01E-01	4.20E-01	4.01E-01	3.96E-01	4.14E-01
4.50E+01	3.71E-01	4.64E-01	4.15E-01	4.12E-01	3.99E-01	4.04E-01	4.05E-01
4.60E+01	3.74E-01	4.51E-01	4.45E-01	4.07E-01	4.07E-01	4.14E-01	4.03E-01

4.70E+01	3.70E-01	4.17E-01	4.69E-01	4.14E-01	4.12E-01	4.19E-01	4.09E-01
4.80E+01	3.71E-01	4.13E-01	4.59E-01	4.08E-01	4.31E-01	4.22E-01	4.27E-01
4.90E+01	3.75E-01	4.22E-01	4.70E-01	4.06E-01	4.85E-01	4.76E-01	4.57E-01
5.00E+01	3.78E-01	4.14E-01	4.73E-01	4.09E-01	4.37E-01	4.51E-01	4.35E-01
5.10E+01	3.82E-01	4.08E-01	4.61E-01	4.09E-01	4.80E-01	4.64E-01	4.24E-01
5.20E+01	3.84E-01	4.13E-01	4.68E-01	4.07E-01	4.72E-01	4.47E-01	4.30E-01
5.30E+01	3.86E-01	4.10E-01	4.68E-01	4.07E-01	4.84E-01	4.45E-01	4.27E-01
5.40E+01	3.87E-01	4.14E-01	4.65E-01	4.12E-01	4.77E-01	4.61E-01	4.30E-01
5.50E+01	3.89E-01	4.18E-01	4.57E-01	4.12E-01	4.74E-01	4.40E-01	4.36E-01
5.60E+01	3.97E-01	4.19E-01	4.45E-01	4.20E-01	4.78E-01	4.42E-01	4.31E-01
5.70E+01	4.09E-01	4.23E-01	4.33E-01	4.89E-01	4.61E-01	4.45E-01	4.34E-01
5.80E+01	4.18E-01	4.25E-01	4.29E-01	4.75E-01	4.42E-01	4.38E-01	4.34E-01
5.90E+01	4.23E-01	4.29E-01	4.26E-01	4.64E-01	4.41E-01	4.40E-01	4.77E-01
6.00E+01	4.26E-01	4.23E-01	4.30E-01	4.55E-01	4.36E-01	4.42E-01	4.65E-01
6.10E+01	4.29E-01	4.21E-01	4.33E-01	4.57E-01	4.34E-01	4.40E-01	4.56E-01
6.20E+01	4.39E-01	4.22E-01	4.38E-01	4.61E-01	4.34E-01	4.38E-01	4.57E-01
6.30E+01	4.50E-01	4.20E-01	4.46E-01	4.72E-01	4.38E-01	4.37E-01	4.62E-01
6.40E+01	4.54E-01	4.18E-01	4.52E-01	4.82E-01	4.39E-01	4.44E-01	4.90E-01
6.50E+01	4.59E-01	4.19E-01	4.68E-01	4.44E-01	4.52E-01	4.57E-01	5.00E-01
6.60E+01	4.62E-01	4.27E-01	4.47E-01	4.40E-01	4.49E-01	4.53E-01	4.62E-01
6.70E+01	4.55E-01	4.42E-01	4.48E-01	4.24E-01	4.68E-01	4.47E-01	4.54E-01
6.80E+01	4.53E-01	4.49E-01	4.41E-01	4.31E-01	4.75E-01	4.50E-01	4.35E-01
6.90E+01	4.55E-01	4.49E-01	4.58E-01	4.30E-01	4.91E-01	4.83E-01	4.36E-01
7.00E+01	4.50E-01	4.45E-01	4.41E-01	4.30E-01	4.93E-01	4.78E-01	4.50E-01
7.10E+01	4.47E-01	4.42E-01	4.34E-01	4.32E-01	4.67E-01	4.62E-01	4.47E-01
7.20E+01	4.47E-01	4.45E-01	4.22E-01	4.25E-01	4.78E-01	4.50E-01	4.45E-01
7.30E+01	4.35E-01	4.70E-01	4.13E-01	4.16E-01	4.47E-01	4.54E-01	4.34E-01
7.40E+01	4.19E-01	4.46E-01	4.14E-01	4.25E-01	4.35E-01	4.61E-01	4.35E-01
7.50E+01	4.10E-01	4.40E-01	4.18E-01	4.34E-01	4.25E-01	4.43E-01	4.46E-01
7.60E+01	3.99E-01	4.24E-01	4.16E-01	4.38E-01	4.22E-01	4.27E-01	4.54E-01
7.70E+01	3.93E-01	4.20E-01	4.17E-01	4.46E-01	4.21E-01	4.32E-01	4.77E-01
7.80E+01	3.94E-01	4.15E-01	4.27E-01	4.64E-01	4.26E-01	4.34E-01	4.72E-01
7.90E+01	3.99E-01	4.12E-01	4.43E-01	4.83E-01	4.35E-01	4.37E-01	4.38E-01
8.00E+01	4.11E-01	4.15E-01	4.54E-01	4.38E-01	4.41E-01	4.35E-01	4.27E-01
8.10E+01	4.13E-01	4.22E-01	4.60E-01	4.24E-01	4.50E-01	4.26E-01	4.27E-01
8.20E+01	4.02E-01	4.26E-01	4.66E-01	4.21E-01	4.76E-01	4.33E-01	4.28E-01
8.30E+01	4.00E-01	4.23E-01	4.65E-01	4.21E-01	4.85E-01	4.68E-01	4.24E-01
8.40E+01	3.98E-01	4.31E-01	4.54E-01	4.16E-01	4.81E-01	4.65E-01	4.43E-01
8.50E+01	3.89E-01	4.27E-01	4.45E-01	4.20E-01	4.85E-01	4.63E-01	4.35E-01
8.60E+01	3.91E-01	4.33E-01	4.37E-01	4.21E-01	4.78E-01	4.61E-01	4.35E-01
8.70E+01	3.86E-01	4.51E-01	4.23E-01	4.16E-01	4.45E-01	4.42E-01	4.32E-01
8.80E+01	3.90E-01	4.53E-01	4.19E-01	4.18E-01	4.21E-01	4.61E-01	4.29E-01
8.90E+01	3.85E-01	4.62E-01	4.15E-01	4.18E-01	4.19E-01	4.30E-01	4.31E-01
9.00E+01	3.84E-01	4.44E-01	4.13E-01	4.24E-01	4.19E-01	4.25E-01	4.76E-01
9.10E+01	3.88E-01	4.40E-01	4.16E-01	4.41E-01	4.21E-01	4.22E-01	4.72E-01
9.20E+01	3.87E-01	4.63E-01	4.36E-01	4.38E-01	4.21E-01	4.22E-01	4.73E-01
9.30E+01	3.95E-01	4.45E-01	4.67E-01	4.42E-01	4.29E-01	4.30E-01	4.36E-01
9.40E+01	3.98E-01	4.30E-01	4.42E-01	4.84E-01	4.85E-01	4.69E-01	4.63E-01
9.50E+01	3.98E-01	4.43E-01	4.33E-01	4.69E-01	4.46E-01	4.52E-01	4.59E-01
9.60E+01	3.99E-01	4.26E-01	4.50E-01	4.55E-01	4.42E-01	4.60E-01	4.80E-01
9.70E+01	3.97E-01	4.28E-01	4.78E-01	4.76E-01	4.32E-01	4.77E-01	4.58E-01
9.80E+01	4.02E-01	4.25E-01	4.43E-01	4.85E-01	4.39E-01	4.32E-01	4.56E-01

9.90E+01	4.06E-01	4.43E-01	4.47E-01	4.23E-01	4.45E-01	4.39E-01	4.63E-01
1.00E+02	4.11E-01	4.38E-01	4.25E-01	4.35E-01	4.81E-01	4.40E-01	5.30E-01
1.01E+02	4.15E-01	4.61E-01	4.23E-01	4.26E-01	4.65E-01	4.89E-01	4.53E-01
1.02E+02	4.17E-01	4.77E-01	4.20E-01	4.57E-01	4.51E-01	4.65E-01	5.10E-01
1.03E+02	4.18E-01	5.17E-01	4.39E-01	4.31E-01	4.31E-01	5.25E-01	4.21E-01
1.04E+02	4.24E-01	4.94E-01	4.36E-01	4.66E-01	4.57E-01	4.40E-01	4.61E-01
1.05E+02	4.27E-01	4.96E-01	4.67E-01	4.88E-01	4.40E-01	4.36E-01	4.51E-01
1.06E+02	4.32E-01	4.70E-01	4.46E-01	4.70E-01	4.64E-01	4.40E-01	4.43E-01
1.07E+02	4.39E-01	4.73E-01	4.33E-01	5.00E-01	4.30E-01	4.36E-01	4.82E-01
1.08E+02	4.47E-01	4.67E-01	4.41E-01	4.60E-01	4.28E-01	4.60E-01	4.47E-01
1.09E+02	4.55E-01	4.67E-01	4.16E-01	4.50E-01	4.68E-01	4.49E-01	4.56E-01
1.10E+02	4.58E-01	4.61E-01	4.35E-01	4.78E-01	4.33E-01	4.37E-01	4.56E-01
1.11E+02	4.62E-01	4.47E-01	4.57E-01	4.80E-01	4.32E-01	4.35E-01	4.85E-01
1.12E+02	4.64E-01	4.43E-01	4.23E-01	4.67E-01	4.43E-01	4.32E-01	5.06E-01
1.13E+02	4.66E-01	4.62E-01	4.20E-01	4.69E-01	4.45E-01	4.56E-01	4.76E-01
1.14E+02	4.74E-01	4.97E-01	4.24E-01	4.57E-01	4.49E-01	4.63E-01	4.85E-01
1.15E+02	4.92E-01	4.99E-01	4.25E-01	4.49E-01	4.69E-01	4.65E-01	5.07E-01
1.16E+02	5.10E-01	4.94E-01	4.44E-01	4.46E-01	4.67E-01	4.97E-01	5.03E-01
1.17E+02	5.11E-01	4.95E-01	4.39E-01	4.36E-01	4.59E-01	5.13E-01	4.86E-01
1.18E+02	4.94E-01	4.95E-01	4.37E-01	4.41E-01	4.56E-01	5.20E-01	4.73E-01
1.19E+02	4.78E-01	4.81E-01	4.33E-01	4.48E-01	4.43E-01	4.90E-01	4.50E-01
1.20E+02	4.66E-01	4.91E-01	4.41E-01	4.33E-01	4.63E-01	5.28E-01	4.86E-01



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA
FALKUTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Kampus ITS, Sukolilo Surabaya 60111 Telp./Fax. 031-5928105, 5994251-5 Pes. 1104-1105

LEMBAR KEMAJUAN ASISTENSI
TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA : DINA KUSTINANINGRUM
NRP : 4301.100.021
DOSEN PEMBIMBING : Dr. Ir. HARYO DWITO ARMONO, M.Eng
JUDUL TUGAS AKHIR :

"ANALISA PENGARUH SUDUT PADA SUBMERGED BREAKWATER
BENTUK SEGITIGA TERHADAP REDAMAN GELOMBANG
DENGAN FLOW 3D"

TANGGAL	MATERI YANG DIKONSULTASIKAN	TANDA TANGAN
03 / 04 / 06	Dasar teori. BAB I. II. III	
04 / 06 / 05	Revisi Dasar teori	
15 / 06 / 05	Pemodelan Wave Tank	
22 / 06 / 05	Input data gelombang & model breakwater	
19 / 06 / 06	Validasi model	
21 / 06 / 06	Pemodelan ulang, grid dirapatkan	
26 / 06 / 06	Validasi model	
28 / 06 / 06	Analisa hasil running	



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA
FALKUTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN



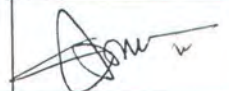
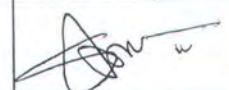
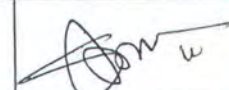
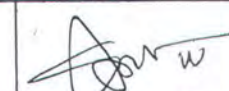
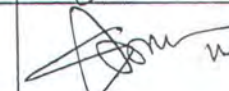
Kampus ITS, Sukolilo Surabaya 60111 Telp./Fax. 031-5928105, 5994251-5 Pes. 1104-1105

LEMBAR KEMAJUAN ASISTENSI

TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA : DINA KUSTINANINGRUM
NRP : 4301.100.021
DOSEN PEMBIMBING : Dr. Ir. HARYO DWITO ARMONO, M.Eng
JUDUL TUGAS AKHIR :

“ANALISA PENGARUH SUDUT PADA SUBMERGED BREAKWATER
BENTUK SEGITIGA TERHADAP REDAMAN GELOMBANG
DENGAN FLOW 3D”

TANGGAL	MATERI YANG DIKONSULTASIKAN	TANDA TANGAN
29 / 06	Bab <u>IV</u> (laporan TA)	
30 / 06	Materi seminar TA	
3 / 07	Revisi Bab <u>IV</u>	
4 / 07	Kesimpulan	
7 / 07	Penyusunan Laporan TA	
05 / 07	Revisi Laporan TA	
06 / 07	Revisi Kesimpulan	



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp. (031) 5928105, 5994251-55 Ext. 1105
Fex : (031) 5928105
E-mail : imamr@oe.its.ac.id

SK TUGAS AKHIR (LL. 1327)

NO. : 039/K03.4.4/PP/2006

Mata Kulia	:	Tugas Akhir
Kode	:	LL 1327
Nama	:	Dina Kustinaningrum
Nomor Pokok	:	4301100021
Tanggal diberikan	:	10 Maret 2006
Tanggal Selesai	:	10 Maret 2007
Dosen Pembimbing	:	Dr. Ir. Haryo Dwito Armono, M.Eng.

THEMA / URAIAN / DATA-DATA YANG DIBERIKAN / JUDUL TUGAS AKHIR :

**" ANALISA PENGARUH SUDUT PADA SUBMERGED BREAKWATER BENTUK SEGITIGA
TERHADAP REDAMAN GELOMBANG DENGAN FLOW 3D "**

Dibuat Rangkap 4 (empat) :

1. Mahasiswa Ybs.
2. Dekan FTK – ITS
3. Dosen Pembimbing
4. Arsip Jurusan.

Surabaya, 29 Maret 2006
Ketua Jurusan,

Ir. IMAM ROCHANI, MSc
NIP. 131 417 209